

**PROVINCIA DE SANTA FE**  
**CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES**

**INFORME FINAL:  
INVENTARIO DE GASES DE  
EFECTO INVERNADERO DE  
LA PROVINCIA DE SANTA FE.  
AÑO BASE 2022.**

**JUNIO 2025**

**AUTOR: ICLEI ARGENTINA**

## Inventario Provincial de Gases de Efecto Invernadero | Santa Fe

La elaboración del presente inventario fue impulsada por el Gobierno de la Provincia de Santa Fe, con financiamiento del Consejo Federal de Inversiones (CFI) y el acompañamiento técnico de ICLEI Argentina.

El organismo provincial a cargo de la validación y posterior actualización del presente estudio es la Dirección Provincial de Acción Climática, que responde a la Secretaría de Cambio Climático del Ministerio de Ambiente y Cambio Climático de la Provincia de Santa Fe.

### ICLEI Argentina

#### **Directora Ejecutiva**

*María Julia Reyna*

#### **Equipo de Bajo Carbono y Resiliencia**

*Juan Ignacio Capilla*

*Ángeles Tessore*

#### **Colaboradores**

*Agostina Censi*

*Emanuel Ayala*

*Josefina Bordino*

*Rocío Pascual*

*Matías Jenkins*

*Tiago Augusto Gonçalves Mello*

### Gobierno de la Provincia de Santa Fe

#### **Gobernador**

Maximiliano Pullaro

#### **Ministro de Ambiente y Cambio Climático**

*Enrique Estévez*

#### **Secretario de Cambio Climático**

*Diego Martín*

#### **Directora de Acción Climática**

*Daniela Mastrangelo*

#### **Equipo de trabajo**

*Leonardo Vera*

Rosario, Santa Fe, Argentina

Junio de 2025

# ÍNDICE

|                                                                                                   |           |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>ÍNDICE</b>                                                                                     | <b>3</b>  |
| <b>ABREVIATURAS</b>                                                                               | <b>1</b>  |
| <b>PREFACIO</b>                                                                                   | <b>4</b>  |
| <b>I. SÍNTESIS DEL CONTENIDO ESENCIAL DE LA OBRA</b>                                              | <b>5</b>  |
| <b>II. INTRODUCCIÓN</b>                                                                           | <b>6</b>  |
| <b>III. CONTEXTO NORMATIVO Y DE GOBERNANZA</b>                                                    | <b>8</b>  |
| <b>IV. PERFIL TERRITORIAL Y PRODUCTIVO DE LA PROVINCIA DE SANTA FE</b>                            | <b>9</b>  |
| <b>V. LÍMITE DEL INVENTARIO Y PERÍODO CUBIERTO</b>                                                | <b>11</b> |
| <b>VI. MARCO METODOLÓGICO Y NIVEL DE REPORTE</b>                                                  | <b>13</b> |
| <b>VII. CLAVES DE NOTACIÓN Y EXHAUSTIVIDAD</b>                                                    | <b>18</b> |
| <b>VIII. METODOLOGÍA DE CÁLCULO</b>                                                               | <b>20</b> |
| VIII.I Descripción general                                                                        | 20        |
| VIII.II Niveles de complejidad metodológica                                                       | 20        |
| VIII.III Gases de efecto invernadero y potenciales de calentamiento global                        | 21        |
| <b>IX. ANÁLISIS DE CATEGORÍAS PRINCIPALES</b>                                                     | <b>24</b> |
| <b>X. RESULTADOS GENERALES</b>                                                                    | <b>28</b> |
| X.I Resultados por Nivel de reporte GPC                                                           | 28        |
| <b>XI. RESULTADOS PARCIALES POR SECTOR</b>                                                        | <b>31</b> |
| XI.I. Energía estacionaria                                                                        | 31        |
| XI.I.I. Edificios residenciales                                                                   | 36        |
| XI.I.II. Edificios e instalaciones comerciales e institucionales                                  | 36        |
| XI.I.III. Industrias de fabricación y construcción                                                | 37        |
| XI.I,IV. Industrias de energía                                                                    | 37        |
| XI.I,V.Actividades de agricultura, silvicultura y pesca                                           | 38        |
| XI.I,VI. Fuentes no especificadas                                                                 | 38        |
| XI.I,VII. Emisiones fugitivas de la minería, procesamiento, almacenamiento y transporte de carbón | 38        |
| XI.I,VIII. Emisiones fugitivas provenientes de los sistemas de petróleo y gas natural             | 38        |
| XI.II. Transporte                                                                                 | 39        |
| XI.II.I. Transporte en carretera                                                                  | 42        |
| XI.II.II. Ferroviario                                                                             | 43        |
| XI.II.III. Navegación                                                                             | 43        |
| XI.II.IV. Aviación                                                                                | 44        |
| XI.II.V. Transporte fuera de carretera                                                            | 44        |
| XI.III. Residuos                                                                                  | 44        |
| XI.III.1. Residuos Sólidos                                                                        | 46        |
| XI.III.3. Incineración y quema a cielo abierto                                                    | 46        |
| XI.III.4 Tratamiento y eliminación de aguas residuales                                            | 47        |
| XI.IV. Procesos industriales y uso de productos (IPPU)                                            | 48        |
| XI.IV.1. Procesos industriales                                                                    | 50        |
| XI.IV.2. Uso de productos                                                                         | 51        |

|                                                                                                         |            |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| XI.V. Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra (AFOLU)                                       | 51         |
| VIII.V.1.Ganadería                                                                                      | 54         |
| VIII.V.2. Uso del suelo                                                                                 | 55         |
| VIII.V.2. Emisiones procedentes de fuentes agregadas y emisiones del suelo distintas al CO <sub>2</sub> | 58         |
| <b>XII. INCORPORACIÓN Y OPORTUNIDADES DE MEJORA</b>                                                     | <b>61</b>  |
| XII.I. Actualización metodológica                                                                       | 61         |
| XII.II. Ampliación de la cobertura sectorial                                                            | 61         |
| XII.III. Limitaciones de información                                                                    | 63         |
| XII.IV. Oportunidades de mejora                                                                         | 64         |
| <b>XIII.CONCLUSIONES</b>                                                                                | <b>65</b>  |
| <b>XIV. BIBLIOGRAFÍA</b>                                                                                | <b>68</b>  |
| <b>ANEXO A: METODOLOGÍA</b>                                                                             | <b>69</b>  |
| A.I. Energía estacionaria                                                                               | 69         |
| A.II. Transporte                                                                                        | 70         |
| A.III. Residuos                                                                                         | 72         |
| A.IV. Procesos industriales y uso de productos (IPPU)                                                   | 79         |
| A.V. Agricultura, silvicultura y cambio de uso del suelo (AFOLU)                                        | 82         |
| <b>ANEXO B: DATOS DE ACTIVIDAD</b>                                                                      | <b>116</b> |
| B.I. Energía estacionaria                                                                               | 116        |
| B.II. Transporte                                                                                        | 128        |
| B.III. Residuos                                                                                         | 131        |
| B.IV. Procesos industriales y uso de productos (IPPU)                                                   | 138        |
| B.V. Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra (AFOLU)                                        | 142        |
| <b>ANEXO C: FACTORES DE EMISIÓN</b>                                                                     | <b>161</b> |
| C.I. Energía estacionaria                                                                               | 161        |
| C.II. Transporte                                                                                        | 164        |
| C.III. Residuos                                                                                         | 166        |
| C.IV. Procesos industriales y uso de productos (IPPU)                                                   | 169        |
| C.V. Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra (AFOLU)                                        | 171        |
| <b>ANEXO D: REPORTE DE EMISIONES</b>                                                                    | <b>189</b> |
| <b>ÍNDICE DE TABLAS</b>                                                                                 | <b>201</b> |
| <b>ÍNDICE DE GRÁFICOS</b>                                                                               | <b>205</b> |
| <b>ÍNDICE DE FIGURAS</b>                                                                                | <b>206</b> |
| <b>ÍNDICE DE ECUACIONES</b>                                                                             | <b>207</b> |



# ABREVIATURAS

|                        |                                                                                                  |
|------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>AFOLU</b>           | Agricultura, silvicultura y otros usos del suelo                                                 |
| <b>AR5</b>             | Quinto Reporte de Evaluación del IPCC                                                            |
| <b>ASSA</b>            | Aguas Santafesinas S.A                                                                           |
| <b>BEN</b>             | Balance Energético Nacional (2022)                                                               |
| <b>CAA</b>             | Cámara Argentina del Acero                                                                       |
| <b>CAMMESA</b>         | Compañía Administradora del Mercado Mayorista Eléctrico                                          |
| <b>CIAFA</b>           | Cámara de la Industria Argentina de Fertilizantes y Agroquímicos                                 |
| <b>CMNUCC</b>          | Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático                                |
| <b>CN</b>              | Comunicación Nacional                                                                            |
| <b>CNA</b>             | Censo Nacional Agropecuario                                                                      |
| <b>CFI</b>             | Consejo Federal de Inversiones                                                                   |
| <b>CH<sub>4</sub></b>  | Metano                                                                                           |
| <b>CO</b>              | Monóxido de carbono                                                                              |
| <b>CO<sub>2</sub></b>  | Dióxido de carbono                                                                               |
| <b>CO<sub>2e</sub></b> | Dióxido de carbono equivalente                                                                   |
| <b>CO<sub>2b</sub></b> | Dióxido de carbono de origen biogénico                                                           |
| <b>DA</b>              | Dato de actividad                                                                                |
| <b>DPS-MinAgro</b>     | Dirección de Producción Sostenible del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación |
| <b>EPE</b>             | Empresa Provincial de la Energía                                                                 |
| <b>ENARGAS</b>         | Ente Nacional Regulador del Gas                                                                  |

|                |                                                                                                                                        |
|----------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>ENRESS</b>  | Ente Regulador de Servicios Sanitarios                                                                                                 |
| <b>EF</b>      | Factor de emisión                                                                                                                      |
| <b>FAO</b>     | Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación<br>(Food and Agriculture Organization of the United Nations) |
| <b>FAOSTAT</b> | Base de datos estadísticos corporativos de la organización para la Agricultura y la Alimentación                                       |
| <b>GEI</b>     | Gas de efecto invernadero                                                                                                              |
| <b>GCC</b>     | Green Climate Cities                                                                                                                   |
| <b>GPC</b>     | Protocolo Global para Inventarios de Emisión de Gases de Efecto Invernadero a Escala Comunitaria                                       |
| <b>GLP</b>     | Gas licuado del petróleo                                                                                                               |
| <b>GNC</b>     | Gas natural comprimido                                                                                                                 |
| <b>HFCs</b>    | Hidrofluorocarbonos                                                                                                                    |
| <b>PBG</b>     | Producto Bruto Geográfico                                                                                                              |
| <b>PCG</b>     | Potencial de calentamiento global                                                                                                      |
| <b>PIB</b>     | Producto Interno Bruto                                                                                                                 |
| <b>PNUD</b>    | Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo                                                                                     |
| <b>RENSPA</b>  | Registro Nacional Sanitario de Productores Agropecuarios                                                                               |
| <b>SENASA</b>  | Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria                                                                                 |
| <b>IBT1</b>    | Primer Informe Bienal de Transparencia de la República Argentina a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático   |
| <b>IGN</b>     | Instituto Geográfico Nacional                                                                                                          |
| <b>INTA</b>    | Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria                                                                                          |

|                       |                                                                                             |
|-----------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>INDEC</b>          | Instituto Nacional de Estadísticas y Censos de la República Argentina                       |
| <b>INGEI</b>          | Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero                                       |
| <b>IPA</b>            | Instituto Petroquímico Argentino                                                            |
| <b>IPCC</b>           | Panel Intergubernamental de Cambio Climático<br>(Intergovernmental Panel on Climate Change) |
| <b>IPPU</b>           | Procesos industriales y uso de productos                                                    |
| <b>ISIC</b>           | Clasificación Internacional Industrial Uniforme                                             |
| <b>MAYDS</b>          | Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible                                              |
| <b>N<sub>2</sub>O</b> | Óxido nitroso                                                                               |
| <b>KCA</b>            | Análisis de categorías principales                                                          |

# PREFACIO

ICLEI - Gobiernos Locales por la Sustentabilidad presenta el Inventario de Gases de Efecto Invernadero de la Provincia de Santa Fe, con año base 2022. El estudio se elaboró en articulación con el Gobierno de la Provincia de Santa Fe y con el apoyo del Consejo Federal de Inversiones (CFI). Este informe representa un hito en la ambición provincial de alcanzar una planificación climática, basada en evidencia técnica y alineada con los compromisos internacionales asumidos por la Argentina.

A través de este trabajo, la provincia de Santa Fe se posiciona como una referencia en el fortalecimiento de capacidades y en la generación de información robusta para la toma de decisiones. La metodología adoptada cumple con las directrices del IPCC y el Protocolo Global para Inventarios de Emisiones a Escala Comunitaria (GPC), asegurando coherencia y comparabilidad con los marcos nacionales e internacionales.

El presente inventario permitirá monitorear el desempeño climático de la provincia a lo largo del tiempo. Es una herramienta fundamental para promover la transversalización de la acción climática en los distintos niveles de gobierno y sectores económicos y sociales. A la vez, orienta la formulación de políticas públicas de mitigación eficaces, permite la optimización de procesos para futuras actualizaciones y facilita el acceso a mecanismos de financiamiento climático.

ICLEI Argentina reafirma su compromiso de acompañar a los gobiernos subnacionales en la construcción de territorios más resilientes, justos y sostenibles. Agradecemos especialmente al equipo técnico provincial por su compromiso y dedicación, así como al CFI por hacer posible esta cooperación. Estamos convencidos de que la acción climática efectiva se fundamenta en los datos confiables y la voluntad política para transformar la realidad.

*María Julia Reyna* | Directora ejecutiva de ICLEI Argentina.

# **I. SÍNTESIS DEL CONTENIDO ESENCIAL DE LA OBRA**

El presente informe consolida el Inventario de Gases de Efecto Invernadero (GEI) de la provincia de Santa Fe correspondiente al año 2022. Fue elaborado conforme al Protocolo Global para Inventarios de Emisiones de GEI a Escala Comunitaria (GPC) y las Directrices del IPCC de 2006. La iniciativa fue impulsada por el Gobierno Provincial con apoyo del Consejo Federal de Inversiones (CFI) y asistencia técnica de ICLEI Argentina- El trabajo se inscribe en el marco de la Ley Provincial de Acción Climática y como herramienta de importancia para el Plan Provincial de Respuesta al Cambio Climático.

Se estima que durante 2022 la provincia emitió 33.318.544 toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente. El sector de Agricultura, Silvicultura y Otros Usos de la Tierra (AFOLU) es el principal responsable, aportando un 43,2%. En segundo orden, Energía estacionaria suma el 33,1%. Le siguen Transporte con un 13,7%, Residuos con 7,1% e IPPU con 2,9%. Se identificaron 15 categorías principales que concentran más del 85% de las emisiones, destacándose la fermentación entérica del ganado bovino y la combustión de combustibles fósiles en sectores residenciales, industriales y de transporte.

Se emplearon metodologías de complejidad variable (Niveles 1 y 2), con énfasis en la mejora de la calidad de los datos y la desagregación sectorial. El informe constituye una herramienta estratégica para orientar políticas de mitigación, establecer líneas base de emisiones y monitorear compromisos climáticos y representa un avance técnico significativo respecto del estudio antecedente.

## II. INTRODUCCIÓN

Se entiende por cambio climático a las alteraciones sostenidas en el sistema climático terrestre. Éstas son principalmente impulsadas por el aumento en la concentración de gases de efecto invernadero (GEI) en la atmósfera. El dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), el metano ( $\text{CH}_4$ ), el óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ) y otros GEI intensifican el efecto invernadero, un proceso natural que permite mantener condiciones de temperatura adecuadas para la vida en el planeta. La temperatura media de la Tierra sin la acción de este fenómeno sería de aproximadamente  $-18^\circ\text{C}$ . No obstante, su intensificación como consecuencia directa de las actividades humanas desde la Revolución Industrial, está provocando un incremento sostenido de la temperatura global, conocido como calentamiento global.

Los principales GEI tienen distintas fuentes de emisión. El  $\text{CO}_2$  se genera fundamentalmente en la quema de combustibles fósiles y los cambios en el uso del suelo; el  $\text{CH}_4$ , de actividades agropecuarias, de la gestión de residuos sólidos y efluentes y de la producción y distribución de gas natural; y el  $\text{N}_2\text{O}$ , del uso intensivo de fertilizantes y ciertos procesos industriales. Otros gases de alto nivel de impacto, como los HFCs son ampliamente utilizados en sistemas de refrigeración y productos industriales.

Se observa que desde el año 1750 aumentó la concentración de  $\text{CO}_2$  atmosférico en un 47%, alcanzando un valor récord de 410 ppm en 2019. Éste es el más alto registrado en al menos 2 millones de años. Los océanos absorben cerca del 23 % de estas emisiones anuales, lo que genera una acidificación progresiva de sus aguas, con impactos severos sobre la biodiversidad marina y los servicios ecosistémicos asociados (IPCC, 2021).

El planeta registra una suba promedio de  $1,1^\circ\text{C}$  de su temperatura respecto a años correspondientes al período preindustrial, siendo las últimas cuatro décadas las más cálidas desde 1850. A su vez, el nivel medio del mar aumentó 0,20 metros entre 1901 y 2018 y el pH del océano superficial se encuentra en su nivel más bajo en al menos 26.000 años (IPCC, 2021). Las marcadas transformaciones y su acción conjunta con eventos extremos, como sequías olas de calor, lluvias intensas e inundaciones, afectan cada vez más a los ecosistemas, los medios de vida, la salud humana y la economía, con consecuencias severas para la humanidad y, en particular, a las poblaciones más vulnerables.

Es en este contexto que resulta fundamental conciliar el desarrollo sostenible con la acción climática. Para esto se requiere, tanto de estrategias de adaptación para anticipar o reducir la exposición y la vulnerabilidad a los efectos del cambio climático, como de medidas de mitigación, orientadas a reducir el flujo de GEI a la atmósfera mediante la disminución de emisiones o la conservación de los sumideros de carbono (IPCC, 2022).

La base empírica y metodológica sostenida por la acción climática respalda la acción global frente al cambio climático. El monitoreo de las distintas variables climáticas y el desarrollo de modelos han permitido consolidar herramientas para mejorar la toma de decisiones en los territorios. Una de estas herramientas es el inventario de gases de efecto invernadero. Éstos cumplen un rol fundamental, ya que permiten conocer el perfil de emisiones de los distintos sectores, identificar fuentes prioritarias de intervención y establecer líneas de base para monitorear avances y diseñar políticas climáticas más eficaces.

Dentro de este contexto, es remarcable el rol central de los gobiernos subnacionales. Éstos actúan directamente, implementando acciones de mitigación y adaptación al cambio climático que tienen competencias directas sobre sectores críticos como la energía, el transporte, la gestión de residuos y el uso del suelo. Se estima que entre el 50 % y el 80 % de las medidas necesarias para enfrentar la crisis climática son o serán ejecutadas a nivel local o provincial (PNUD, s.f.). En ese marco, la provincia de Santa Fe, que concentra el 3,6 % del territorio nacional (Gobierno de Santa Fe, s.f.), más del 7 % del Producto Interno Bruto argentino (INDEC, 2023) y cerca del 22 % de las exportaciones totales del país (INDEC, 2023), tiene una responsabilidad y una oportunidad significativa de contribuir a los distintos objetivos climáticos acordados a nivel nacional e internacional. La capacidad de incidencia territorial y sectorial robustece la necesidad de que éste tipo de actores refuercen e incorporen éste tipo de herramientas.

La Provincia de Santa Fe promovió la elaboración de su inventario con el objetivo de fortalecer sus capacidades institucionales y avanzar hacia una planificación climática basada en evidencia. Éste proceso involucró la implementación de guías internacionalmente validadas como los lineamientos del Protocolo Global para Inventarios de Emisiones de GEI a Escala Comunitaria (GPC) y las Directrices del IPCC, con adaptaciones metodológicas acordes al contexto provincial.

Esta iniciativa se enmarca dentro de la metodología Green Climate Cities (GCC) de ICLEI – Gobiernos Locales por la Sustentabilidad. Ésta propone un enfoque integral para el desarrollo de estrategias urbanas sostenibles y resilientes frente al cambio climático. GCC se estructura en tres fases y nueve etapas, comenzando con la movilización institucional y la construcción de una línea de base, que incluye el inventario de GEI, y avanzando hacia la planificación, implementación, mejora continua e intercambio de buenas prácticas.

### III. CONTEXTO NORMATIVO Y DE GOBERNANZA

El Inventario de Gases de Efecto Invernadero de la provincia de Santa Fe 2022, se inscribe en un marco normativo y de gobernanza consolidado a nivel nacional y provincial. A nivel nacional, responde a los lineamientos de la Ley N° 27.520 de *Presupuestos Mínimos de Adaptación y Mitigación al Cambio Climático*, que establece la obligación de elaborar planes y herramientas técnicas para informar y sostener la planificación climática. Los inventarios de emisiones son parte vital de estos planes. En su artículo 20, dicha ley estipula que los planes provinciales deben incluir una línea de base de emisiones y un esquema de gobernanza, monitoreo y participación.

En el ámbito provincial, existe la Ley N° 14.019 de *Acción Climática*, sancionada en 2020 y reglamentada por el Decreto N° 0246/2023. Esta norma constituye el instrumento legal más relevante de la política pública climática santafesina. Su objetivo principal es promover un desarrollo inclusivo, bajo en emisiones y resiliente al cambio climático. En este contexto, la generación de información actualizada y robusta sobre las emisiones de GEI es un recurso importante para el diseño e implementación del Plan Provincial de Respuesta al Cambio Climático (PPRCC).

La autoridad de aplicación de la ley provincial es el Ministerio de Ambiente y Cambio Climático. Sus funciones abarcan liderar y coordinar la formulación e implementación del PPRCC en articulación con otras áreas de gobierno, municipios y comunas, actores del sector privado, la academia y organizaciones de la sociedad civil. Este proceso se desarrolla bajo principios de participación, territorialidad, justicia climática y sostenibilidad.

En términos de gobernanza, la provincia cuenta con un Gabinete Provincial de Cambio Climático. Este ámbito intersectorial está orientado a la coordinación de políticas públicas transversales. Este espacio forma parte de la Mesa de Articulación Provincial del Gabinete Nacional de Cambio Climático que articula entre niveles de gobierno, garantizando la alineación de las estrategias provinciales con los compromisos nacionales e internacionales.

La elaboración del presente inventario también se vincula al proceso participativo de construcción del PPRCC y a los criterios establecidos en el Acuerdo de Funes (2023), apropiado por las provincias en el marco del Consejo Federal de Medio Ambiente (COFEMA), que establece estándares comunes para los planes de respuesta subnacionales.



## IV. PERFIL TERRITORIAL Y PRODUCTIVO DE LA PROVINCIA DE SANTA FE

Santa Fe se ubica en la región centro-este de Argentina, dentro de la Región Pampeana, parte del Litoral Argentino. Tiene una superficie de 13.300.700 hectáreas (aproximadamente 133.007 km<sup>2</sup>), que representan alrededor del 3,6% del total nacional. Su población es de 3.544.908 habitantes. Según el último Censo Nacional de 2022, la provincia se posiciona como la tercera más poblada del país, detrás de Buenos Aires y Córdoba. Su organización política comprende 19 departamentos y 363 distritos, de los cuales 57 son municipios y 306 son comunas.

En términos geográficos, se encuentra en la Llanura Platense, caracterizada por su relieve llano, con alturas que oscilan entre los 10 y 125 metros sobre el nivel del mar. Se distinguen aquí dos grandes regiones: la Llanura Chaqueña en el norte y la Llanura Pampeana en el sur. La hidrografía está dominada por el río Paraná. Éste recorre la provincia de norte a sur marcando su límite oriental y recibe afluentes importantes como los de los ríos Salado y Carcarañá, además de numerosos arroyos menores.

El clima presenta variaciones de norte a sur y de oeste a este. Mientras el norte registra un clima subtropical, con temperaturas promedio de 21 °C y precipitaciones anuales entre 800 y 1.100 mm, el sur presenta un clima templado pampeano, con temperaturas medias de 17 °C y precipitaciones promedio de 944 mm. Esta diversidad climática y geográfica ubica al territorio en una zona de transición entre los montes chaqueños y la pampa húmeda, lo que genera una notable riqueza en sus ecosistemas naturales.

Desde el punto de vista económico, la provincia integra una de las principales regiones agrícolas-ganaderas e industriales del país. Representa aproximadamente el 21% del área cultivada nacional, la primera productora de oleaginosas y la segunda de cereales. Abarca entre el 7% y el 8% del Producto Interno Bruto (PIB) nacional y su ingreso per cápita supera en un 7% el promedio nacional. La estructura productiva puede agruparse en cinco grandes sistemas: los agroalimentos y los biocombustibles; la metalmecánica, química y curtiembres; las empresas de base tecnológica; el turismo, comercio y los servicios; e industrias hídricas y forestales.

En 2022, Santa Fe registró exportaciones por alrededor de USD 20.000 millones, contribuyendo en un 22% al total nacional. Esto la ubica como la segunda provincia con mayores ventas al extranjero del país. Su matriz exportadora, aunque diversificada, se concentra en el complejo oleaginoso (68%), seguido por los cereales (12%), la carne bovina (5%), el sector automotriz - autopartista (4%) y, por último, los productos lácteos que abarcan un 3% (MEcon, 2023) <sup>1</sup>.

Distintas zonas de la provincia presentan especializaciones productivas. El noreste se orienta al cultivo de algodón, caña de azúcar, oleaginosas y citricultura.

---

<sup>1</sup> Perfil Productivo de la Provincia de Santa Fe, Ministerio de Economía de la Nación (2023).

Por otro lado, el noroeste a la producción lechera, agrícola y ganadera. La región centro combina producción láctea, forestal y de oleaginosas con industrias frigoríficas, cerveceras y de muebles; mientras que la zona centro-sur, asentada en la llamada “zona núcleo”, se destaca por su agroindustria aceitera, su red portuaria en la Hidrovía Paraná-Paraguay, su industria petroquímica y siderúrgica, y su sector logístico de transporte de cargas.

La combinación de sus condiciones naturales, su dinamismo económico y su infraestructura estratégica, especialmente los corredores industriales y portuarios, convierten a Santa Fe en una de las provincias más relevantes del país, tanto en términos productivos como de impacto en la configuración de sus emisiones de gases de efecto invernadero (MEcon, 2023)<sup>2</sup> (INDEC, 2022)<sup>3</sup>.

---

<sup>2</sup> Perfil Productivo de la Provincia de Santa Fe, Ministerio de Economía de la Nación (2023).

<sup>3</sup> INDEC (2022) – Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas 2022.

## V. LÍMITE DEL INVENTARIO Y PERÍODO CUBIERTO

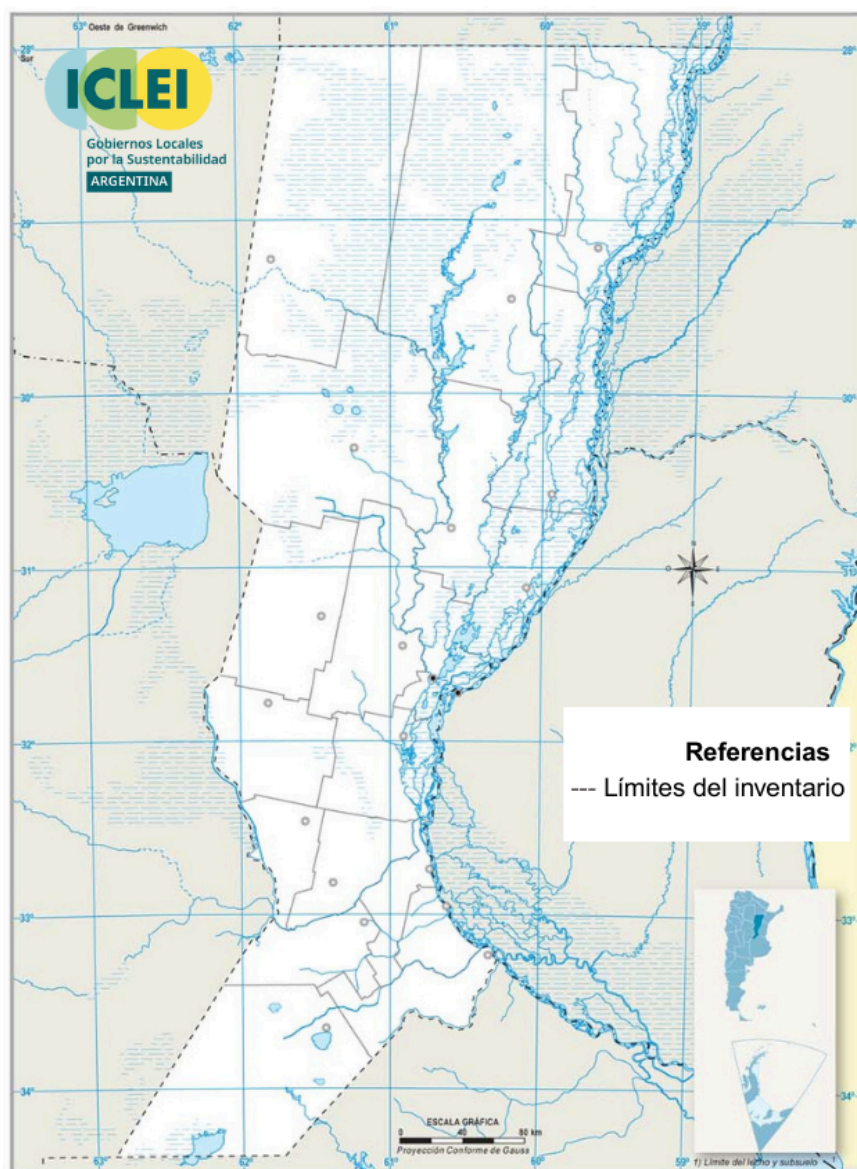
En este informe, se estiman las emisiones derivadas de las actividades desarrolladas dentro del territorio de jurisdicción provincial correspondientes al período anual 2022, abarcando la totalidad del año calendario, desde el 1 de enero hasta el 31 de diciembre.

Los límites geográficos junto con la información territorial básica se detallan en la Tabla 1 y se visualizan en la Figura 1. Además, se presenta una breve descripción del perfil territorial y productivo de la provincia con el fin de destacar el rol estratégico de Santa Fe dentro de la economía nacional. Se observa que la jurisdicción se posiciona con una fuerte participación en el comercio de productos primarios e industriales con base agropecuaria.

*Tabla 1. Límites del Inventario.*

| Límite del inventario   | Información provincial                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|-------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Provincia               | Santa Fe                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| País                    | Argentina                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| Región                  | América Latina                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| Año del inventario      | 2022                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| Límite geográfico       | Jurisdicción provincial.<br>- Norte: limita con la provincia de Chaco.<br>- Este: limita con Entre Ríos y Corrientes.<br>- Oeste: limita con Santiago del Estero y Córdoba.<br>- Sur: limita con la provincia de Buenos Aires.                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| Área (km <sup>2</sup> ) | 133.007 km <sup>2</sup>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Población residente     | 3.544.908 habitantes                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| Clima                   | Santa Fe se encuentra en una zona de transición entre los climas subtropicales y templados.<br>- El Sur del territorio presenta un régimen térmico y precipitaciones propios de la llanura pampeana.<br>- En el Norte, predominan temperaturas más elevadas, con precipitaciones superiores a los 800 mm que van de Este a Oeste en magnitud decreciente y en invierno, presenta una marcada estación seca.<br>- La zona costera, por la proximidad del Paraná, tiene una alta frecuencia de nieblas y un alto tenor de humedad en el aire. |
| Otra información        | Coordenadas 28° y 34° de latitud sur y 59° y 63° de longitud oeste.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |

*Fuente: Elaboración propia. en base a los datos obtenidos del [Gobierno de la Provincia de Santa Fe](#) para el año 2022.*



*Figura 1: Límites del inventario.  
Fuente: Elaboración propia.<sup>4</sup>*

<sup>4</sup> Mapa extraído del Instituto Geográfico Nacional.

## VI. MARCO METODOLÓGICO Y NIVEL DE REPORTE

La elaboración del presente inventario se realizó conforme al Protocolo Global para Inventarios de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero a Escala Comunitaria (GPC), que proporciona un marco metodológico sólido y consistente para la cuantificación de emisiones a nivel subnacional. El GPC establece una estructura que permite identificar de manera precisa las principales fuentes de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), diferenciarlas según su sector, localización y el nivel de control jurisdiccional, y reportarlas de forma comparable con otros territorios y con los inventarios nacionales.

Para la clasificación y reporte de las emisiones provinciales se adoptaron tres enfoques complementarios: 1. Marco de Alcances, 2. Marco según la ciudad y 3. Marco sectorial, que se detallan a continuación.

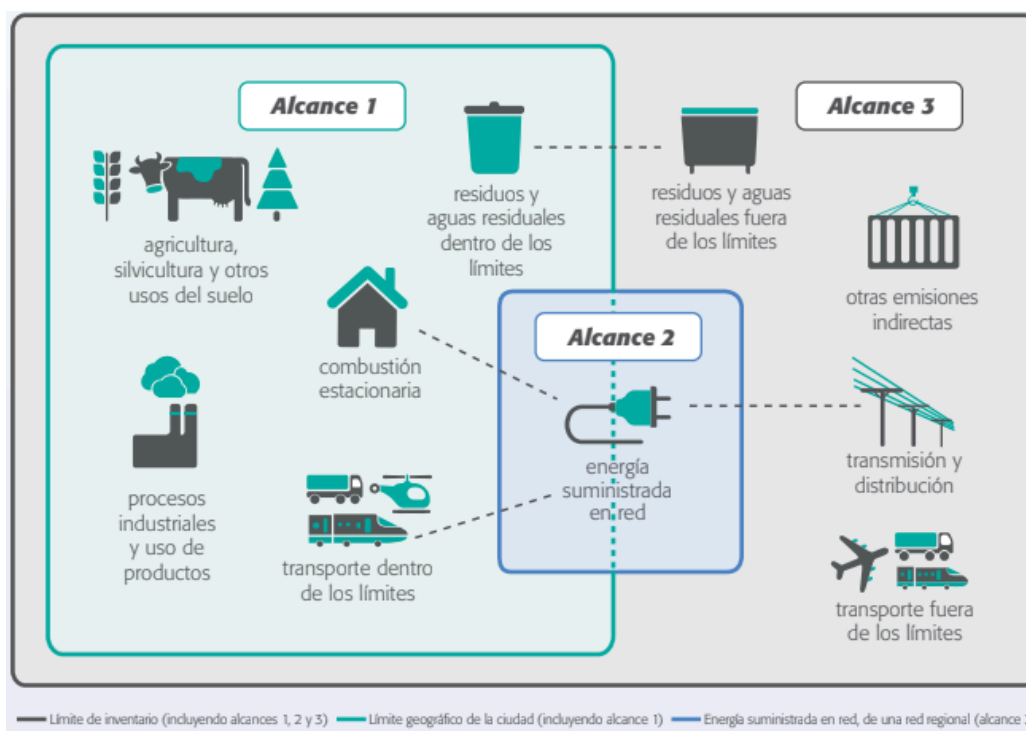
1. **Marco de Alcances:** organiza las emisiones según su localización respecto a los límites geográficos del territorio, diferenciándose en tres categorías como se detalla en la Tabla 2:

*Tabla 2: Definición de alcances (en base a la clasificación del GPC).*

| Alcances | Emisiones  | Explicación                                                                                                                                               |
|----------|------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1        | Directas   | Proviene de fuentes situadas dentro de los límites de la provincia, producto de fuentes que están física y operativamente dentro del territorio.          |
| 2        | Indirectas | Se producen como consecuencia de la utilización de energía, calor, vapor y/o refrigeración suministrados en red dentro de los límites de la jurisdicción. |
| 3        | Indirectas | El resto de las emisiones de GEI que se producen fuera de los límites, como resultado de las actividades que tienen lugar dentro de la provincia.         |

*Fuente: Elaboración propia. en base a la clasificación del GPC.*

La Figura 2 esquematiza el desglose de las fuentes de emisión en relación con los límites geográficos, conforme a los lineamientos metodológicos adoptados en el marco de alcances.



*Figura 2: Actividades según fuentes de emisión para el Marco de alcances (1, 2 y 3).  
Fuente: Protocolo Global para Inventarios de Emisión de Gases de Efecto Invernadero a Escala Comunitaria (GPC).*

Este marco permite contabilizar de manera separada las emisiones territoriales (Alcance 1), facilitando su alineación con los inventarios nacionales.

2. **Marco según la ciudad<sup>5</sup>:** en este enfoque se consideran las emisiones atribuibles a las actividades que ocurren dentro del límite geográfico provincial, integrando fuentes de emisión de los tres alcances. El GPC establece, además, dos niveles de reporte posibles:
  - **BÁSICO:** incluye las fuentes y alcances mínimos requeridos para un reporte estándar, cubriendo las emisiones de alcances 1 y 2, que provienen de los sectores de energía estacionaria y transporte, así como las emisiones de Alcance 1 y 3 del sector residuos.
  - **BÁSICO+:** incorpora, además de las fuentes básicas, aquellas emisiones que brindan una visión más completa del perfil de emisiones, como los sectores IPPU y AFOLU y el alcance 3 del sector residuos.
3. **Marco sectorial:** adicionalmente, las emisiones se estructuran en sectores y subsectores, lo que permite organizar el inventario de manera sistemática, facilitar la recopilación de datos de actividad, y favorecer un análisis detallado de las principales fuentes emisoras. Esta clasificación contribuye a una mejor comprensión del aporte relativo de cada sector y orienta la identificación de oportunidades de mitigación.

<sup>5</sup> El término “Ciudad” se refiere a las entidades subnacionales geográficamente discernibles, como las comunidades, municipios o provincias.

- *I Energía estacionaria:* Aquí se incluyen las emisiones generadas por la producción, transformación, distribución y consumo de distintas formas de energía en fuentes fijas. También se contemplan las emisiones fugitivas, es decir, aquellas que ocurren como resultado de liberaciones intencionales o accidentales de GEI durante los procesos de extracción, procesamiento, transformación y distribución de combustibles fósiles. Esto incluye, por ejemplo, las emisiones por fugas de gas natural, así como las emisiones de metano durante la minería del carbón y la quema de gases durante la extracción y el refinado de petróleo.

El GPC establece que las principales fuentes deben presentarse en los siguientes subsectores: edificios residenciales; edificios comerciales e institucionales; industrias manufactureras y de la construcción; industria de la energía; agricultura, silvicultura y pesca; fuentes no especificadas; emisiones fugitivas por minería, procesamiento, almacenamiento y transporte de carbón; y emisiones fugitivas por fugas de petróleo y gas natural.

- *II Transporte:* Se incluyen las emisiones generadas por la combustión de combustibles en fuentes móviles, correspondientes a los diferentes tipos de transporte. También se incorpora, cuando existe, el consumo de energía por vehículos eléctricos. Las fuentes de emisión se desagregan en los siguientes tipos de transporte: transporte por carretera, ferroviario, fluvial, aéreo y fuera de carretera (off-road). Para su cuantificación, deben obtenerse datos sobre el consumo de los distintos combustibles utilizados en cada tipo de transporte durante el año del inventario.
- *III Residuos:* Se consideran las emisiones relacionadas exclusivamente con el tratamiento de residuos sólidos y aguas residuales. Se estiman las emisiones de GEI derivadas de la degradación de materia orgánica y otros compuestos en los distintos tratamientos y modos de disposición implementados en la gestión de residuos. En este sector, las actividades fuente se agrupan en los siguientes subsectores: disposición final de residuos sólidos, tratamiento biológico, incineración, y disposición y tratamiento de aguas residuales.
- *IV Procesos Industriales y Uso de Productos* (IPPU, por sus siglas en inglés Industrial Processes and Product Use): Se incluyen las emisiones resultantes de procesos industriales, asociadas a la transformación física o química de materiales, así como las emisiones provenientes del uso de GEI en productos y del uso no energético de combustibles fósiles. Las principales fuentes de emisión están vinculadas a la industria de transformación, como las industrias de hierro, acero y cemento. Además, se contabilizan las emisiones asociadas al uso de gases de efecto invernadero (como los hidrofluorocarbonos – HFCs) en productos tales como sistemas de refrigeración, espumas o aerosoles.
- *V Agricultura, Silvicultura y Otros Usos de la Tierra* (AFOLU, por sus siglas en inglés Agriculture, Forestry, and Other Land Use): Se incluyen las emisiones provenientes de los flujos de GEI derivados del uso y manejo del suelo, que

afectan una variedad de procesos ecosistémicos como la fotosíntesis, la respiración, la descomposición, la nitrificación/desnitrificación, la fermentación entérica y la combustión, entre otros. Estos procesos comprenden transformaciones físicas (combustión, lixiviación y escorrentía) y biológicas (actividad de microorganismos, plantas y animales) del carbono y del nitrógeno. Dentro del sector AFOLU, las fuentes de emisión se clasifican en: ganadería, uso del suelo, emisiones agregadas y otras emisiones de gases no-CO<sub>2</sub>.

La Tabla 3 presenta los sectores y subsectores considerados en este inventario, teniendo a su vez en cuenta cuáles emisiones se consideran en cada marco de alcance y marco de ciudad.

*Tabla 3: Fuentes y Alcances cubiertos por el inventario, especificación de sectores y subsectores.*

| Sectores y subsectores                                                                  | Alcance 1 | Alcance 2 | Alcance 3 |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|-----------|-----------|-----------|
| <b>ENERGÍA ESTACIONARIA</b>                                                             |           |           |           |
| Edificios residenciales                                                                 | ✓         | ✓         | ✓         |
| Edificios e instalaciones comerciales e institucionales                                 | ✓         | ✓         | ✓         |
| Construcción e industrias manufactureras                                                | ✓         | ✓         | ✓         |
| Industrias de energía                                                                   | ✓         | ✓         | ✓         |
| <i>Generación de energía suministrada en red</i>                                        | ✓         |           |           |
| Actividades de agricultura, silvicultura y pesca                                        | ✓         | ✓         | ✓         |
| Fuentes no especificadas                                                                | ✓         | ✓         | ✓         |
| Emisiones fugitivas de la minería, procesamiento, almacenamiento y transporte de carbón | ✓         |           |           |
| Las emisiones fugitivas de los sistemas de petróleo y gas natural                       | ✓         |           |           |
| <b>TRANSPORTE</b>                                                                       |           |           |           |
| Terrestre en carretera/ rodoviario                                                      | ✓         | ✓         | ✓         |
| Transporte ferroviario                                                                  | ✓         | ✓         | ✓         |
| Navegación                                                                              | ✓         | ✓         | ✓         |
| Aviación                                                                                | ✓         | ✓         | ✓         |
| Off-road                                                                                | ✓         | ✓         |           |
| <b>RESIDUOS</b>                                                                         |           |           |           |
| Disposición de Residuos Sólidos generados en la ciudad                                  | ✓         |           | ✓         |
| <i>Disposición de residuos sólidos generados fuera de la ciudad</i>                     | ✓         |           |           |
| Tratamiento biológico de residuos generados en la ciudad                                | ✓         |           | ✓         |
| <i>Tratamiento biológico de residuos generados fuera de la ciudad</i>                   | ✓         |           |           |
| Incineración y quema a cielo abierto de residuos generados en la ciudad                 | ✓         |           | ✓         |
| <i>Incineración y quema a cielo abierto de residuos generados fuera de la ciudad</i>    | ✓         |           |           |
| Aguas residuales generadas en la ciudad                                                 | ✓         |           | ✓         |
| <i>Aguas residuales generadas fuera de la ciudad</i>                                    | ✓         |           |           |



| PROCESOS INDUSTRIALES Y USO DE PRODUCTOS (IPPU)                                             |   |  |  |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|---|--|--|
| Procesos industriales                                                                       | ✓ |  |  |
| Uso del producto                                                                            | ✓ |  |  |
| AGRICULTURA, SILVICULTURA Y OTROS USOS DEL SUELO (AFOLU)                                    |   |  |  |
| Ganadería                                                                                   | ✓ |  |  |
| Uso de suelo                                                                                | ✓ |  |  |
| Fuentes agregadas y emisiones procedentes de fuentes del suelo distintas al CO <sub>2</sub> | ✓ |  |  |
| OTRAS EMISIONES DE ALCANCE 3                                                                |   |  |  |
| Otras emisiones de alcance 3                                                                |   |  |  |

*Referencias:*

- ✓ Fuentes cubiertas por el GPC
- Fuentes necesarias para el reporte de nivel BÁSICO
- y ● Fuentes necesarias para el reporte de nivel BÁSICO+
- Fuentes necesarias para el territorio total, pero no para el reporte BÁSICO/BÁSICO+ (en cursiva)
- Fuentes incluidas en Otras emisiones de alcance 3
- Emisiones no aplicables

*Fuente: Protocolo Global para Inventarios de Emisión de Gases de Efecto Invernadero a Escala Comunitaria (GPC).*

## VII. CLAVES DE NOTACIÓN Y EXHAUSTIVIDAD

Con el objetivo de garantizar la transparencia, la trazabilidad y la comparabilidad de los resultados del inventario, se emplean claves de notación estandarizadas para reportar adecuadamente aquellas categorías de fuentes o gases de efecto invernadero que, por diversos motivos, no presentan un valor cuantificado en las tablas de resultados.

Estas claves permiten identificar si una categoría fue excluida por no contar con información suficiente, porque no aplica al contexto local, o porque sus emisiones han sido incluidas dentro de otra categoría más agregada. Su uso es una práctica recomendada tanto por las Directrices del IPCC como por el Protocolo Global para Inventarios de GEI (GPC), en particular para reflejar limitaciones de datos sin comprometer la exhaustividad del informe.

La Tabla 4 presenta la definición para las claves de notación utilizadas en el presente inventario, sobre la procedencia de la información:

*Tabla 4: Definición de las claves de notación.*

| Clave de notación | Definición               | Explicación                                                                                                                                               |
|-------------------|--------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>IE</b>         | Incluida en otro lugar   | Las emisiones de GEI para esta actividad se han estimado y se presentan en otra categoría del inventario. Esa categoría debe indicarse en la explicación. |
| <b>NE</b>         | No estimada              | Emisiones que ocurren, pero que no se han estimado o reportado; la justificación para la exclusión se debe indicar en la explicación.                     |
| <b>NO</b>         | No ocurre                | Una actividad o proceso que no ocurre dentro de la ciudad.                                                                                                |
| <b>C</b>          | Información confidencial | Las emisiones de GEI podrían conllevar a la divulgación de información confidencial y, por lo tanto, no pueden ser reportadas.                            |

*Fuente: Protocolo Global para Inventarios de Emisión de Gases de Efecto Invernadero a Escala Comunitaria (GPC).*

Complementariamente, se aplica el principio de exhaustividad, entendido como la necesidad de incluir en el inventario todas las fuentes y sumideros significativos de gases de efecto invernadero dentro del límite geográfico y temporal definido. Aun cuando algunas categorías puedan representar una fracción menor del total, su inclusión o justificación explícita de exclusión fortalece la integridad del inventario.

En este sentido, se ha procurado cubrir la mayor cantidad de fuentes posibles, priorizando aquellas de mayor relevancia y para las que se dispone de información confiable. En los casos en que no ha sido posible estimar emisiones, se ha documentado la situación mediante claves de notación y observaciones aclaratorias.

Finalmente, en el Anexo D se presenta un resumen detallado de todas las fuentes contempladas en el marco metodológico del inventario, indicando para cada una su inclusión, exclusión o agrupación mediante las claves de notación correspondientes, acompañadas de comentarios y justificaciones pertinentes.

## VIII. METODOLOGÍA DE CÁLCULO

### VIII.I Descripción general

Las metodologías de cálculo definen las fórmulas, los datos de actividad y factores de emisión necesarios para determinar las emisiones totales provenientes de actividades específicas. Para la elaboración de los cálculos se siguen los lineamientos de las Directrices del IPCC de 2006 y sus respectivos Refinamientos de 2019.<sup>6</sup> En forma general, para la estimación de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) se multiplican los datos de actividad por los factores de emisión, que se asocian con las actividades que se miden, como se expresa en la Ecuación 1.

*Ecuación 1: Ecuación general del cálculo de emisiones de GEI.*

$$Emisiones = DA * FE * PCG$$

---

*DA*: dato de actividad

---

*FE*: factor de emisión

---

*PCG*: potencial de calentamiento global

Los datos de actividad son una medida cuantitativa de un nivel de actividad que da lugar a emisiones de GEI que tienen lugar durante un período de tiempo determinado (por ejemplo, el volumen de gas utilizado, los kilómetros recorridos, las toneladas de residuos enviados a los vertederos, etc.).

Los factores de emisión son una medida de la masa de las emisiones de GEI con respecto a una unidad de actividad. Es decir, convierten a los datos de actividad en una masa de emisiones de GEI. Por ejemplo, la proporción de emisiones de CH<sub>4</sub> producida en función de la cantidad de residuos vertidos o las toneladas de CO<sub>2</sub> liberadas por kilómetro recorrido. Estos deben ser relevantes para el límite de inventario, específicos para la actividad que se mide, y obtenidos de fuentes gubernamentales, industriales o académicas confiables. Para el presente trabajo se recurrió a factores de emisión por defecto del IPCC 2006 y factores específicos a nivel nacional.

### VIII.II Niveles de complejidad metodológica

En las Directrices del IPCC, se utilizan tres niveles jerárquicos para categorizar la complejidad metodológica de los factores de emisión y los datos de actividad. El Nivel 1 utiliza datos predeterminados y ecuaciones sencillas, mientras que los Niveles 2 y 3 son más exigentes en términos de complejidad y requisitos de datos.

---

<sup>6</sup> [Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero](#)

Para los cálculos del Nivel 1 se utilizan factores de emisión por defecto que provienen de las tablas anexas en los capítulos de las Directrices del IPCC de 2006 y sus respectivos Refinamientos de 2019. En cambio, para los otros dos niveles si bien se utilizan las mismas ecuaciones, se emplean factores de emisión específicos del país, presentados en el Primer Informe Bienal de Transparencia de la República Argentina a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, permitiendo aumentar la precisión de los cálculos.

Los niveles de complejidad metodológica utilizados para cada categoría se detallan en la tabla presentada en el Anexo D.

### **VIII.III Gases de efecto invernadero y potenciales de calentamiento global**

El presente inventario se encuentra alineado metodológicamente con las Directrices del IPCC de 2006 para inventarios nacionales de gases de efecto invernadero, incluyendo la actualización publicada en 2019, así como con el Protocolo Global para Inventarios de Emisiones de GEI a Escala Comunitaria (GPC). Esta coherencia metodológica garantiza la comparabilidad con otros inventarios a nivel nacional y subnacional, así como con los marcos internacionales más utilizados para la contabilidad de emisiones.

En cuanto a los gases considerados, el marco metodológico adoptado permite la inclusión de los siete gases de efecto invernadero regulados por el Protocolo de Kioto:

|                                             |
|---------------------------------------------|
| Dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> )       |
| Metano (CH <sub>4</sub> )                   |
| Óxido nitroso (N <sub>2</sub> O)            |
| Hidrofluorocarbonos (HFCs)                  |
| Perfluorocarbonos (PFCs)                    |
| Hexafluoruro de azufre (SF <sub>6</sub> )   |
| Trifluoruro de nitrógeno (NF <sub>3</sub> ) |

En el caso particular del presente inventario provincial, y en función de la disponibilidad de datos de actividad y factores de emisión adecuados, no sólo se estimaron emisiones correspondientes a los tres gases más comunes: CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O y adicionalmente, y conforme a las buenas prácticas internacionales, se registraron también datos sobre precursores de GEI, los cuales no se incluyen en el total de CO<sub>2</sub>e pero se reportan de manera separada como información complementaria.

|                                                            |
|------------------------------------------------------------|
| Monóxido de carbono (CO)                                   |
| Óxidos de nitrógeno (NO <sub>x</sub> )                     |
| Compuestos orgánicos volátiles distintos al metano (COVDM) |
| Dióxido de azufre (SO <sub>2</sub> )                       |

En línea con las recomendaciones del Protocolo Global para Inventarios de Emisión de Gases de Efecto Invernadero a Escala Comunitaria (GPC), este inventario reporta por separado las emisiones de dióxido de carbono provenientes de la combustión de materiales de origen biogénico (CO<sub>2</sub>b), tales como biomasa, biogás y biocombustibles. Estas no se incluyen dentro de los totales agregados de emisiones de GEI, ya que su contabilización diferenciada permite evitar la doble contabilidad de carbono que fue previamente removido de la atmósfera mediante procesos naturales de absorción.

Los potenciales de calentamiento global (PCG) comparan el impacto de diferentes gases de efecto invernadero en relación con el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), que se utiliza como referencia. Para los cálculos, se emplearon los potenciales de calentamiento global del Quinto Informe de Evaluación del IPCC (AR5, por sus siglas en inglés), dispuestos en la siguiente tabla:

*Tabla 5: Potenciales de calentamiento global (PCG) para cada GEI.*

| Gas                    | Fórmula                                                         | Potencial de Calentamiento | Fuente     |
|------------------------|-----------------------------------------------------------------|----------------------------|------------|
| CO <sub>2</sub>        | CO <sub>2</sub>                                                 | 1                          | IPCC - AR5 |
| Metano                 | CH <sub>4</sub>                                                 | 28                         | IPCC - AR5 |
| Óxido nitroso          | N <sub>2</sub> O                                                | 265                        | IPCC - AR5 |
| HFC-23                 | CHF <sub>3</sub>                                                | 12.400                     | IPCC - AR5 |
| HFC-32                 | CH <sub>2</sub> F <sub>2</sub>                                  | 677                        | IPCC - AR5 |
| HFC-41                 | CH <sub>3</sub> F                                               | 116                        | IPCC - AR5 |
| HFC-43-10mee           | C <sub>5</sub> H <sub>2</sub> F <sub>10</sub>                   | 1.650                      | IPCC - AR5 |
| HFC-125                | C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> F <sub>5</sub>                    | 2.800                      | IPCC - AR5 |
| HFC-134                | C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> F <sub>4</sub>                    | 1.120                      | IPCC - AR5 |
| HFC-134a               | CH <sub>2</sub> FCF <sub>3</sub>                                | 1.430                      | IPCC - AR5 |
| HFC-152a               | C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> F <sub>2</sub>                    | 138                        | IPCC - AR5 |
| HFC-143                | C <sub>2</sub> H <sub>3</sub> F <sub>3</sub>                    | 328                        | IPCC - AR5 |
| HFC-143a               | C <sub>2</sub> H <sub>3</sub> F <sub>3</sub>                    | 4.800                      | IPCC - AR5 |
| HFC-227ea              | C <sub>3</sub> H <sub>2</sub> F <sub>7</sub>                    | 3.350                      | IPCC - AR5 |
| HFC-236fa              | C <sub>3</sub> H <sub>2</sub> F <sub>6</sub>                    | 6.300                      | IPCC - AR5 |
| HFC-245ca              | C <sub>3</sub> H <sub>3</sub> F <sub>5</sub>                    | 716                        | IPCC - AR5 |
| Hexafluoruro de Azufre | SF <sub>6</sub>                                                 | 23.500                     | IPCC - AR5 |
| Perfluorometano        | CF <sub>4</sub>                                                 | 6.630                      | IPCC - AR5 |
| Perfluoroetano         | C <sub>2</sub> F <sub>6</sub>                                   | 11.100                     | IPCC - AR5 |
| Perfluoropropano       | C <sub>3</sub> F <sub>8</sub>                                   | 8.900                      | IPCC - AR5 |
| Perfluorometano        | C <sub>4</sub> F <sub>10</sub>                                  | 9.200                      | IPCC - AR5 |
| Perfluorociclobutano   | c-C <sub>4</sub> F <sub>8</sub>                                 | 9.540                      | IPCC - AR5 |
| Perfluorooctano        | C <sub>5</sub> F <sub>12</sub>                                  | 8.550                      | IPCC - AR5 |
| Perfluorohexano        | C <sub>6</sub> F <sub>14</sub>                                  | 7.910                      | IPCC - AR5 |
| HFC-365                | CH <sub>3</sub> CF <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> CF <sub>3</sub> | 804                        | IPCC - AR5 |
| HFC-245fa              | CHF <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> CF <sub>3</sub>                | 858                        | IPCC - AR5 |

*Fuente: Quinto Informe de Evaluación del IPCC.*

Todos los resultados presentados en este informe se expresan en términos de CO<sub>2</sub> equivalente. Para acceder al desglose detallado por tipo de gas, se recomienda consultar la tabla resumen incluida en el Anexo D del presente documento.

## IX. ANÁLISIS DE CATEGORÍAS PRINCIPALES

El análisis de categorías principales tiene por objetivo identificar las fuentes y sumideros de gases de efecto invernadero que tienen una mayor influencia sobre el total de emisiones del inventario. Este ejercicio permite priorizar aquellas categorías que deben recibir mayor atención en términos de mejora metodológica, recopilación de datos, aplicación de métodos de mayor nivel, y control de calidad. Su realización es una buena práctica recomendada por el IPCC, ya que permite orientar los recursos disponibles hacia los sectores que tienen mayor impacto sobre el resultado global del inventario.

Para llevar adelante este análisis se aplicó el Método 1 - Evaluación de nivel, establecido en las Directrices del IPCC 2006, Volumen 1, Capítulo 4. Este consiste en calcular la proporción que representa cada categoría y gas, en términos de emisiones expresadas en toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente, respecto del total del inventario. Se consideran tanto las emisiones como las absorciones en valor absoluto, de modo de reflejar adecuadamente su contribución individual al total. Las categorías se ordenan de mayor a menor según su aporte, y se identifican como principales aquellas que, acumuladas, alcanzan el 85% del total de emisiones y absorciones. La definición de este umbral se alinea con los criterios tomados para los INGEI de la República Argentina.

El resultado permite identificar las categorías que deben ser priorizadas para futuras mejoras, tanto en términos de metodologías empleadas como en la calidad y disponibilidad de los datos de actividad y factores de emisión utilizados. Esta información también sirve de insumo para la planificación de acciones de mitigación y para la trazabilidad y consistencia de los inventarios en ejercicios futuros.

Para la evaluación de categorías principales (Key Category Analysis, KCA), se adoptó el mismo nivel de desagregación con el que se presentan las emisiones y absorciones en el inventario, tomando aquellas categorías que aportan al nivel de reporte BÁSICO+. Esta decisión se tomó con el fin de mantener coherencia interna en el tratamiento de la información y facilitar la trazabilidad de los resultados del análisis respecto a los capítulos sectoriales del informe.

En el caso del sector Agricultura, Silvicultura y Otros Usos de la Tierra (AFOLU), y particularmente dentro del subsector Agricultura y Ganadería, se consideraron de forma individual aquellas subcategorías que presentan un peso relativo significativo en el total sectorial. Así, la categoría V.1 Fermentación entérica fue desagregada por tipo de ganado, al igual que V.1.2 Gestión del estiércol y V.3.4 Emisiones directas de N<sub>2</sub>O asociadas al uso de abonos orgánicos y a las excretas depositadas en pasturas. Las emisiones indirectas de N<sub>2</sub>O (V.3.5) fueron también desagregadas en función de la fuente emisora, distinguiéndose emisiones asociadas a producción animal, residuos de cosecha, fertilizantes sintéticos y pérdida de materia orgánica del suelo. En cuanto al subsector V.2 Emisiones provenientes del uso del suelo, se trabajó con categorías diferenciadas por tipo de uso y, dentro de cada una, según permanencia o transición entre usos. Para el resto de los sectores, las categorías fueron desagregadas al nivel de subsector. Cabe mencionar que, en este análisis, no se aplicó el criterio de clasificación por alcances



(1, 2 o 3), ya que el propósito fue identificar las fuentes y sumideros más relevantes en términos absolutos.

Tal como se observa en la Tabla 6, se reconocieron 15 categorías principales. La distribución sectorial de ellas muestra una predominancia del sector AFOLU, con 7 categorías principales, seguido por Energía, con 5. Los sectores de Residuos, Transporte e IPPU aportaron una cada uno.

Desde el punto de vista de los gases de efecto invernadero involucrados, se observa que las emisiones de CH<sub>4</sub> se concentran principalmente en categorías asociadas a procesos biológicos, como la fermentación entérica de ganado bovino y la disposición de residuos sólidos, reflejando la importancia de estas fuentes en la dinámica rural y urbana de la jurisdicción. Estas emisiones, aunque en menor volumen que el CO<sub>2</sub>, presentan un alto potencial de calentamiento global, lo que refuerza la necesidad de priorizar su abordaje.

Por otro lado, el CO<sub>2</sub> se identifica como el gas predominante en categorías vinculadas a la combustión de combustibles fósiles, tanto en sectores estacionarios (como edificios residenciales, comerciales e industriales) como móviles (transporte por carretera) y en las emisiones asociadas con las pérdidas de los distintos depósitos de carbono del suelo. Esto evidencia la relevancia del consumo energético y de la gestión de los depósitos de carbono en el perfil de emisiones local.

Finalmente, se identifican también emisiones de N<sub>2</sub>O asociadas al manejo de fertilizantes y excretas animales, particularmente en actividades agropecuarias. Si bien su participación relativa es menor, estos flujos poseen un elevado potencial de calentamiento y deben ser considerados en estrategias específicas de gestión del suelo y uso de insumos.

*Tabla 6: Análisis de las categorías principales.*

| Código de la categoría GPC | Categoría GPC                                     | Gas de efecto invernadero | Emisión o absorción estimada [GEI X] | Emisión o absorción estimada [tCO eq] | Valor absoluto | Evaluación de nivel | Total acumulado | Nivel de cálculo | Observación                                                                                                                                |
|----------------------------|---------------------------------------------------|---------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|----------------|---------------------|-----------------|------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| V.1.1.iii                  | Fermentación Entérica Bovinos de Carne            | CH4                       | 240.692                              | 6.739.386                             | 6.739.386      | 19,32%              | 19,32%          | Nivel 2          | Se utilizan parámetros y factores de emisión específicos para el territorio provincial.                                                    |
| I.3                        | Construcción e industrias manufactureras          | CO2                       | 4.464.342                            | 4.464.342                             | 4.464.342      | 12,80%              | 32,12%          | Nivel 1 y 2      | Se utilizan factores de emisión por defecto, excluyendo para el gas natural y la electricidad.                                             |
| II.1                       | Transporte por carretera                          | CO2                       | 4.294.599                            | 4.294.599                             | 4.294.599      | 12,31%              | 44,43%          | Nivel 1 y 2      | Se utilizan factores de emisión por defecto, excluyendo para el gas natural y la electricidad.                                             |
| I.1                        | Edificios residenciales                           | CO2                       | 2.829.177                            | 2.829.177                             | 2.829.177      | 8,11%               | 52,54%          | Nivel 1 y 2      | Se utilizan factores de emisión por defecto, excluyendo para el GNC.                                                                       |
| III.1                      | Disposición de residuos sólidos                   | CH4                       | 70.104                               | 1.962.920                             | 1.962.920      | 5,63%               | 58,17%          | Nivel 1          | Se utiliza el método de Compromiso de Metano, empleando factores de emisión por defecto y algunos parámetros nacionales (composición RSU). |
| V.1.1.ai                   | Fermentación Entérica Bovinos Lecheros            | CH4                       | 64.479                               | 1.805.402                             | 1.805.402      | 5,18%               | 63,34%          | Nivel 2          | Se utilizan parámetros y factores de emisión específicos para el territorio provincial.                                                    |
| I.5                        | Actividades agrícolas, de silvicultura y de pesca | CO2                       | 1.351.900                            | 1.351.900                             | 1.351.900      | 3,88%               | 71,32%          | Nivel 1 y 2      | Se utilizan factores de emisión por defecto, excluyendo para el gas natural y la electricidad.                                             |
| V.3.4.c                    | Directas Excretas En pasturas Bovinos de Carne    | N2O                       | 4.466                                | 1.183.455                             | 1.183.455      | 3,39%               | 74,71%          | Nivel 2          | Se utilizan parámetros y factores de emisión específicos para el territorio provincial.                                                    |

|           |                                                                      |     |         |         |         |       |        |         |                                                                                                                     |
|-----------|----------------------------------------------------------------------|-----|---------|---------|---------|-------|--------|---------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| IV.1.3    | Emisiones provenientes de la industria del metal                     | CO2 | 882.143 | 882.143 | 882.143 | 2,53% | 77,24% | Nivel 1 | Se utilizan factores de emisión por defecto IPCC.                                                                   |
| V.2.2.bi  | Tierras forestales convertidas en Tierras de cultivo                 | CO2 | 681.183 | 681.183 | 681.184 | 1,95% | 79,20% | Nivel 2 | Se utilizan parámetros y factores de emisión específicos para el territorio provincial.                             |
| V.2.1.ai. | Tierras forestales que permanecen como tales (Emisión Bosque Nativo) | CO2 | 603.893 | 603.893 | 603.893 | 1,73% | 80,93% | Nivel 2 | Se utilizan parámetros y factores de emisión específicos para el territorio provincial.                             |
| V.2.3.bii | Tierras de Cultivo convertidos en pastizales                         | CO2 | 577.479 | 577.479 | 577.479 | 1,66% | 82,58% | Nivel 1 | Se utilizan factores de emisión por defecto IPCC.                                                                   |
| V.3.4.a   | Directas Fertilizantes sintéticos                                    | N20 | 1.998   | 529.412 | 529.412 | 1,52% | 84,10% | Nivel 1 | Se utilizan factores de emisión por defecto IPCC y parámetros nacionales (contenido de N por tipo de fertilizante). |
| I.6       | Fuentes no especificadas                                             | CO2 | 508.544 | 508.544 | 508.545 | 1,46% | 85,56% | Nivel 2 | Se utiliza un factor de emisión específico de la red eléctrica nacional                                             |

*Fuente: Elaboración propia..*

## X. RESULTADOS GENERALES

La totalidad de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) generadas en Santa Fe durante el período 2022, se estiman en **33.318.543** toneladas de dióxido de carbono equivalente (tCO<sub>2</sub>e). El valor expresado en dicha unidad indica que las emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>) y óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) ya han sido contempladas en las actividades reportadas bajo el nivel BÁSICO+.

Los aportes de cada gas al inventario BÁSICO+ se muestran en el Gráfico 1. Se observa que el dióxido de carbono contribuye con más de la mitad de las emisiones (54,18%), seguido por las de metano (34,99%) y en menor porcentaje, las de óxido nitroso que abarcan el 10,81%:

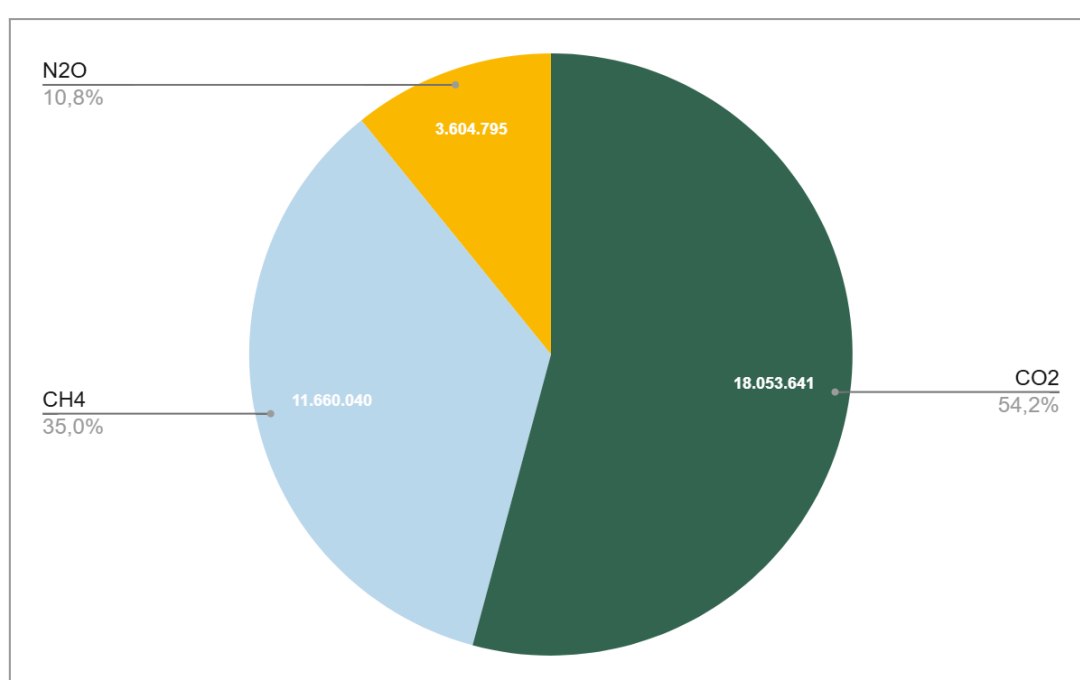


Gráfico 1: Contribución por tipo de GEI para el tipo de reporte BÁSICO+.  
Fuente: Elaboración propia.

El inventario se encuentra estructurado en cinco sectores, conforme a lo establecido en las pautas metodológicas: Energía, Transporte, Residuos, Procesos Industriales y Uso de productos (IPPU) y Agricultura, Silvicultura y Otros Usos de la Tierra (AFOLU). Además, los resultados se informan para los tres alcances definidos por el Protocolo Global para Inventarios de GEI a Escala Comunitaria (GPC).

### X.I Resultados por Nivel de reporte GPC

Como se mencionó en la sección IV, el Protocolo GPC permite reportar los resultados bajo los niveles: Territorial, BÁSICO y BÁSICO+, junto con las emisiones territoriales que corresponden al Alcance 1. El método de reporte utilizado para el análisis de resultados es el BÁSICO+, por ser el más completo y adecuado para el diagnóstico y la toma de decisiones.

Se desagrega a continuación los resultados obtenidos para los distintos marcos de reporte:

**Territorial:** 34.531.266 tCO<sub>2</sub>e.

**BÁSICO:** 17.388.977 tCO<sub>2</sub>e.

**BÁSICO+:** 33.318.543 tCO<sub>2</sub>e.

Según los resultados obtenidos para el BÁSICO+, el sector AFOLU es el principal contribuyente, abarcando el 43,19% de los resultados del presente inventario. Le sigue en orden decreciente el sector de Energía (34,47%), Transporte (14,33%), Residuos (7,38%) e IPPU (2,98%) en un último lugar. Este perfil reafirma el peso estructural del sector agropecuario y del uso del suelo en la dinámica de emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero a nivel provincial, en consonancia con la matriz productiva de Santa Fe. Asimismo, pone en evidencia las emisiones asociadas al consumo de combustibles fósiles en el sector energético.

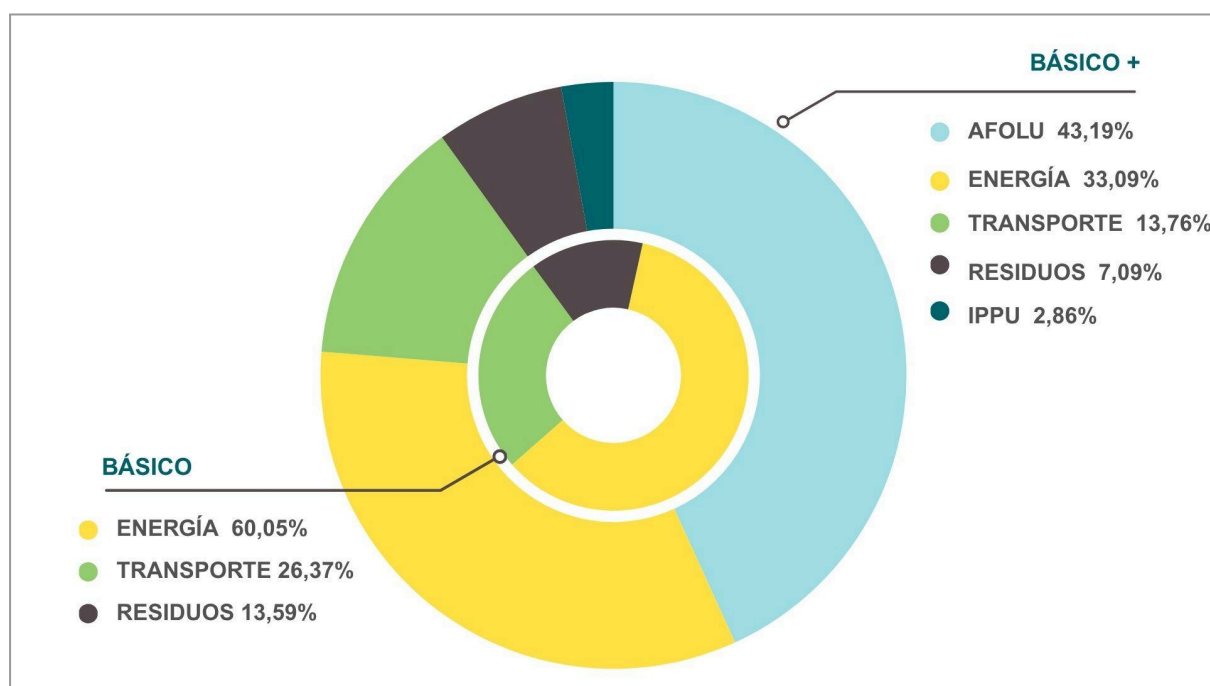


Gráfico 2: Contribución porcentual de resultados por sector para BÁSICO y BÁSICO+  
Fuente: Elaboración propia.

Las emisiones estimadas (tCO<sub>2</sub>e) del inventario provincial, clasificadas por sectores y nivel de reporte para el año 2022, se muestran en la Tabla 7. La distribución porcentual de las emisiones para ambos niveles de reporte se visualiza en el Gráfico 2, mientras que el Gráfico 3 muestra la participación relativa de cada sector según los alcances definidos por el GPC. Esta última distribución coincide con aquellas reportadas bajo el nivel BÁSICO+, el cual incluye todas las fuentes relevantes dentro de los límites provinciales y será el nivel de reporte utilizado para el análisis.

Tabla 7: Emisiones estimadas (tCO<sub>2</sub>e) del inventario provincial, clasificadas por sectores y nivel de reporte para el año 2022.

| Nro. Ref<br>GPC         | Fuentes de GEI | Total GEIs (toneladas CO <sub>2</sub> e) |                  |                |                   |                   |                   |
|-------------------------|----------------|------------------------------------------|------------------|----------------|-------------------|-------------------|-------------------|
|                         |                | Inducido por la provincia                |                  |                |                   |                   | Territorial       |
|                         |                | Alcance 1                                | Alcance 2        | Alcance 3      | Básico            | Básico+           |                   |
| I                       | ENERGÍA        | 12.239.389                               | 3.071.323        | 584.823        | 10.441.843        | 11.026.667        | 12.239.389        |
| II                      | TRANSPORTE     | 4.584.772                                | -                |                | 4.584.772         | 4.584.772         | 4.584.772         |
| III                     | RESIDUOS       | 2.362.362                                |                  |                | 2.362.362         | 2.362.362         | 2.362.362         |
| IV                      | IPPU           | 954.572                                  |                  |                |                   | 954.572           | 954.572           |
| V                       | AFOLU          | 14.390.170                               |                  |                |                   | 14.390.170        | 14.390.170        |
| <b>TOTAL INVENTARIO</b> |                | <b>34.531.266</b>                        | <b>3.071.323</b> | <b>584.823</b> | <b>17.388.977</b> | <b>33.318.543</b> | <b>34.531.266</b> |

Referencias:

- ✓ Fuentes cubiertas por el GPC
- Fuentes necesarias para el reporte de nivel BÁSICO
- y ● Fuentes necesarias para el reporte de nivel BÁSICO+
- Fuentes incluidas en Otras emisiones de alcance 3
- Fuentes necesarias para el territorio total, pero no para el reporte BÁSICO/BÁSICO+ (en cursiva)
- Emisiones no aplicables

Fuente: Elaboración propia., en base al GPC.

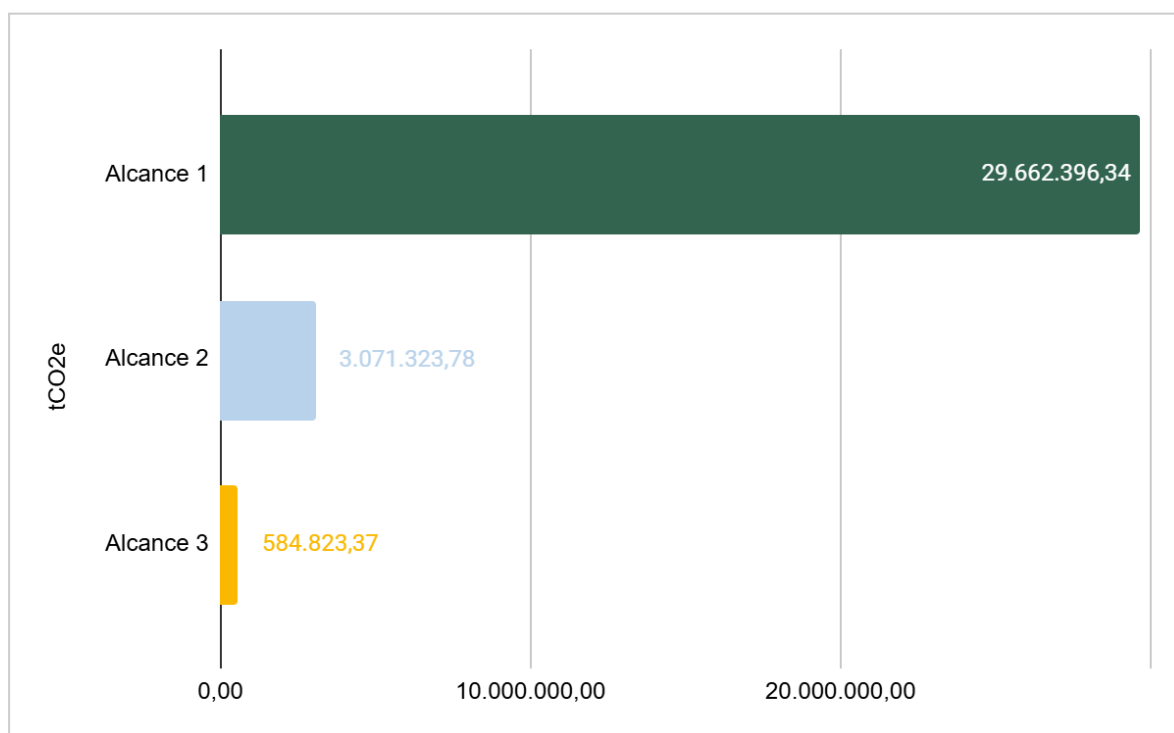


Gráfico 3: Contribución para Alcances 1, 2 y 3 (BÁSICO+).

Fuente: Elaboración propia..

## **XI. RESULTADOS PARCIALES POR SECTOR**

### **XI.I. Energía estacionaria**

Esta sección presenta los resultados de la Energía Estacionaria, desagregados por Alcance (1, 2 y 3) y por niveles de reporte definidos por el Protocolo Global de Emisiones (GPC): BÁSICO, BÁSICO+ y Territorial. La Tabla 8 detalla el valor de las mismas, mientras que los Gráficos 4 y 5 ilustran la distribución porcentual según los últimos dos niveles de reporte mencionados. La diferencia entre estos se debe al aporte de las industrias energéticas. En el análisis del subsector se explica más en profundidad aspectos que hacen a este reporte en particular.

Las emisiones del sector están compuestas principalmente por dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) (98,25%). La mayor proporción del total, un 66,8%, se origina por las actividades de combustión de combustibles (mayormente fósiles) con fines energéticos, realizadas dentro del territorio provincial para los distintos sectores. Un 27,9% se asocian al consumo de energía de la red eléctrica, y el 5,3% restante proviene de pérdidas que ocurren durante la distribución de productos energéticos.

Tabla 8: Resultados de Energía Estacionaria para Alcances 1, 2 y 3, segregadas por nivel de reporte: BÁSICO, BÁSICO+ y TERRITORIAL.

| Nro. Ref<br>GPC                         | Fuentes de gases de<br>efecto invernadero                                                        | Total GEIs (toneladas CO <sub>2</sub> e) |           |           |            |            |             |
|-----------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|-----------|-----------|------------|------------|-------------|
|                                         |                                                                                                  | Inducido por la ciudad                   |           |           |            |            | Territorial |
|                                         |                                                                                                  | Alcance 1                                | Alcance 2 | Alcance 3 | Básico     | Básico+    |             |
| I                                       | ENERGÍA ESTACIONARIA                                                                             |                                          |           |           |            |            |             |
| I.1                                     | Edificios residenciales                                                                          | 1.656.698                                | 993.390   | 187.223   | 2.650.088  | 2.837.312  | 1.656.698   |
| I.2                                     | Edificios e instalaciones<br>comerciales e<br>institucionales                                    | 251.401                                  | 997.707   | 188.037   | 1.249.108  | 1.437.146  | 251.401     |
| I.3                                     | Industrias de fabricación<br>y construcción                                                      | 3.866.387                                | 508.676   | 95.869    | 4.375.063  | 4.470.933  | 3.866.387   |
| I.4                                     | Industrias de energía                                                                            | 5.013.480                                | 87.170    | 16.429    | 231.781    | 248.210    | 5.013.480   |
| I.5                                     | Actividades de<br>agricultura, silvicultura y<br>pesca                                           | 1.287.690                                | 55.479    | 16.429    | 1.343.170  | 1.359.599  | 1.287.690   |
| I.6                                     | Fuentes no especificadas                                                                         | 0                                        | 428.900   | 80.834    | 428.900    | 509.734    | 0           |
| I.7                                     | Emisiones fugitivas de la<br>minería, procesamiento,<br>almacenamiento y<br>transporte de carbón | 2.661                                    |           |           | 2.661      | 2.661      | 2.661       |
| I.8                                     | Emisiones fugitivas de los<br>sistemas de petróleo y<br>gas natural                              | 161.069                                  |           |           | 161.069    | 161.069    | 161.069     |
| Subtotal sector energía<br>estacionaria |                                                                                                  | 12.239.389                               | 3.071.323 | 584.823   | 10.441.843 | 11.026.666 | 12.239.389  |

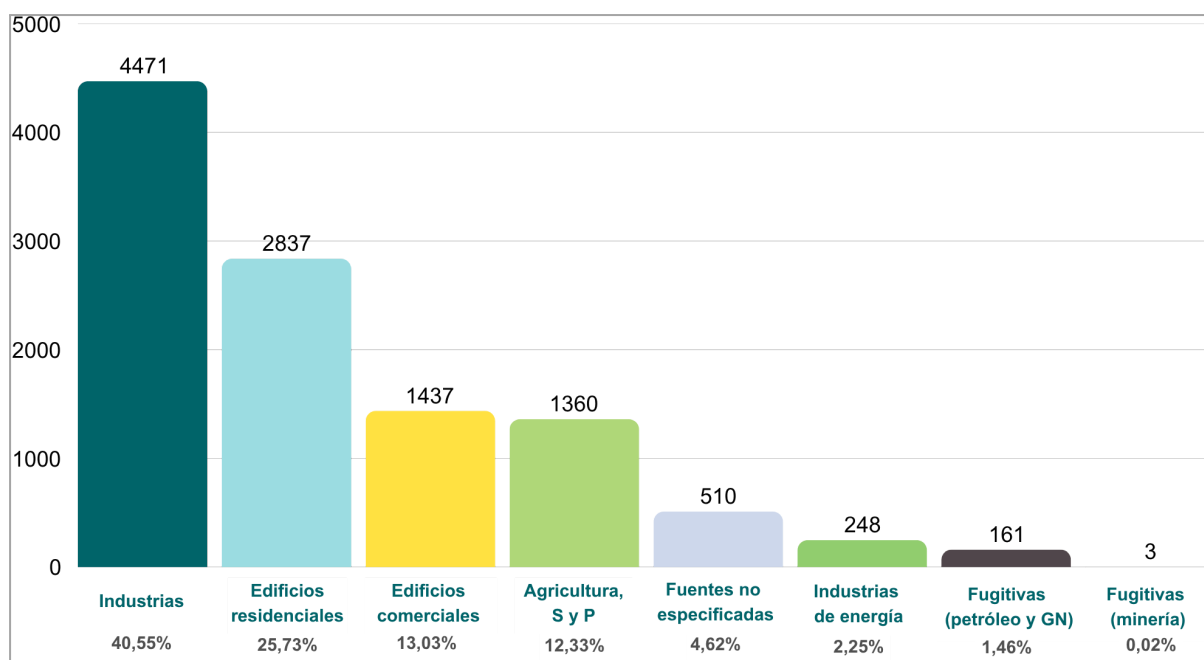
Referencias:

- ✓ Fuentes cubiertas por el GPC
- Fuentes necesarias para el reporte de nivel BÁSICO
- y ● Fuentes necesarias para el reporte de nivel BÁSICO+
- Fuentes incluidas en Otras emisiones de alcance 3
- Fuentes necesarias para el territorio total, pero no para el reporte BÁSICO/BÁSICO+ (en cursiva)
- Emisiones no aplicables

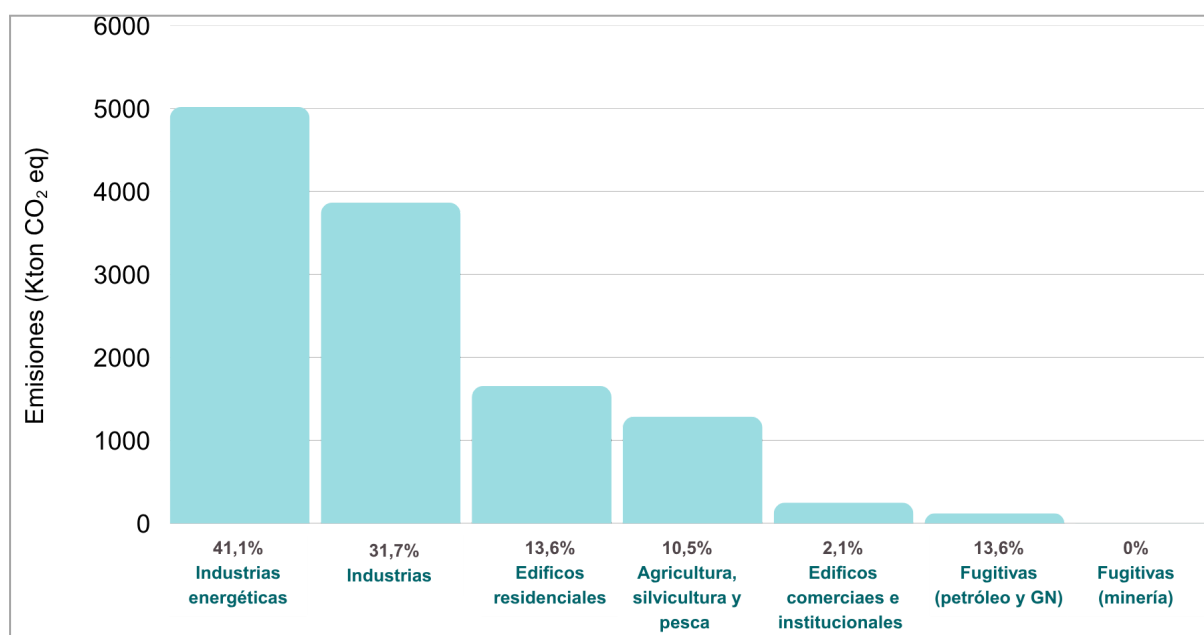
Fuente: Elaboración propia. en base al GPC.

Los cuatro principales subsectores emisores, en orden de relevancia, son: “I.3 Industrias de fabricación y construcción”, “I.1 Edificios residenciales”, “I.2 Edificios e instalaciones comerciales e institucionales” y “I.5 Actividades de agricultura, silvicultura y pesca”. Los porcentajes específicos correspondientes al nivel de reporte BÁSICO+ se presentan en el Gráfico 4.





*Gráfico 4: Contribución porcentual de subsectores de Energía Estacionaria para Nivel BÁSICO+  
Fuente: Elaboración propia.*



*Gráfico 5: Nivel de reporte Territorial para el sector de Energía Estacionaria.  
Fuente: Elaboración propia.*

Los aportes de cada subsector se distinguen desde la perspectiva de reporte Territorial en el Gráfico 5. Como principal diferencia, éste suma las emisiones de las Industrias energéticas, asociadas a la generación de electricidad dentro de los límites geográficos de la jurisdicción. Se observa que por esta actividad se emiten

4.868.870 tCO<sub>2</sub>e, que se excluyen del reporte BÁSICO+ y, por ende, del total informado para la provincia.

El aporte de CO<sub>2</sub> de origen biogénico alcanza las 66.774 tCO<sub>2</sub>e. Estos gases se generan a partir de la combustión de biomasa y biocombustibles, como la leña y los utilizados para el corte. Su origen proviene de fuentes que liberan CO<sub>2</sub> que forma parte del ciclo natural del carbono, es decir, aquel que los vegetales absorben durante su crecimiento y que se libera nuevamente al ambiente cuando se queman.

Estas emisiones no se incluyen en los reportes de los niveles Básico, Básico+ ni en el nivel Territorial, ya que no representan emisiones adicionales al ciclo del carbono natural y no están asociadas a fuentes de emisión que contribuyan al cambio climático en términos de emisiones netas. Sin embargo, se exponen de manera informativa en el inventario para brindar una visión completa de las emisiones provenientes de fuentes biogénicas.

La contribución de cada fuente —combustibles líquidos y sólidos, gas, biomasa y electricidad— a las emisiones por combustión estacionaria, se observan en la Tabla 9.

*Tabla 9: Emisiones de GEI de la Energía Estacionaria nivel BÁSICO + expresadas por tipo de energético para cada subsector.*

| Energético            | Edificios residenciales | Edificios comerciales e inst. | Industrias de manufactura y construcción | Industria de energía | Actividades agrícolas, S y P | Fuentes no especificadas |
|-----------------------|-------------------------|-------------------------------|------------------------------------------|----------------------|------------------------------|--------------------------|
| Gas                   | 1.654.196               | 298.565                       | 3.486.496                                | 65.546               | 20.197                       | 0                        |
| Combustibles líquidos | 1.914                   | 0                             | 379.340                                  | 78.963               | 1.267.487                    | 0                        |
| Electricidad          | 993.390                 | 997.707                       | 508.675                                  | 103.599              | 55.479                       | 428.900                  |
| Biomasa               | 587                     | 1.308                         | 594                                      | 101                  | 401                          | 0                        |

*Fuente: Elaboración propia.*

La distribución porcentual de estas contribuciones se muestra en el Gráfico 6, donde se observa que el gas natural es la principal fuente de energía (53,42%), seguido por los combustibles fósiles (16,70%) y la electricidad (29,85%), mientras que la biomasa representa una fracción mínima del total (0,03%).

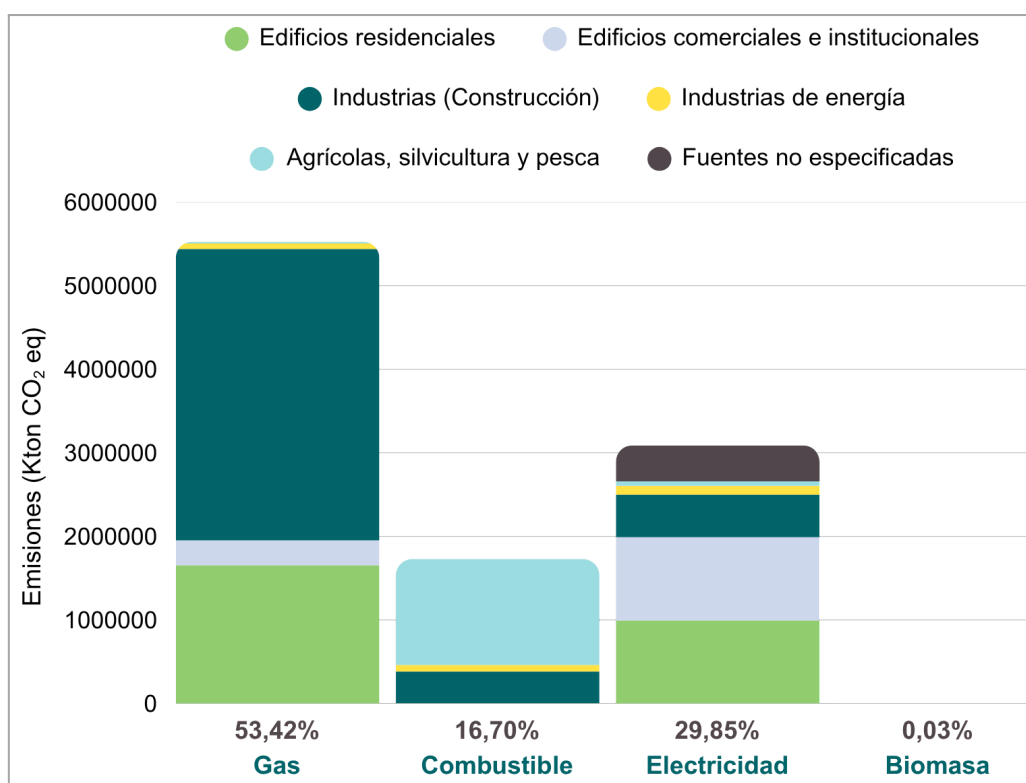


Gráfico 6: Emisiones de GEI de la Energía Estacionaria expresadas por tipo de energético para cada subsector para nivel BÁSICO +.

Fuente: Elaboración propia.

La contribución de cada tipo de combustible al total de emisiones del sector de energía estacionaria se aprecia en la Tabla 10, mientras que el Gráfico 7 muestra su distribución relativa en términos porcentuales. El gas natural es el combustible de mayor incidencia, representando el 69,90% del total, seguido por el gasoil (21,83%), el gas licuado de petróleo (21,83%) y las naftas (1,27%). En conjunto, estos cuatro combustibles concentran el 99,79 % de las emisiones del sector. El resto de los combustibles (leña, fuel oil, kerosene y biocombustibles) aportan individualmente en una pequeña proporción.

Tabla 10: Emisiones de GEI de la Energía Estacionaria nivel BÁSICO+ expresadas por tipo de combustible para cada subsector, en unidades de tCO<sub>2</sub>e.

| Combustible | Edificios residenciales | Edificios comerciales e inst. | Industrias de manufactura y construcción | Industria de energía | Actividades agrícolas, S y P | Fuentes no especificadas |
|-------------|-------------------------|-------------------------------|------------------------------------------|----------------------|------------------------------|--------------------------|
| Gas Natural | 1.314.092               | 250.092                       | 3.442.141                                | 65.546               | 0,00                         | 0,00                     |
| Gasoil      | 0,00                    | 0,00                          | 255.019                                  | 71.122               | 1.257.451                    | 0,00                     |
| Gas Licuado | 340.103                 | 48.473                        | 44.354                                   | 0,00                 | 20.197                       | 0,00                     |
| Fueloil     | 0,00                    | 0,00                          | 39.261                                   | 7.840                | 0,00                         | 0,00                     |
| Nafta       | 0,00                    | 0,00                          | 82.351                                   | 0,00                 | 9.990                        | 0,00                     |
| Kerosene    | 1.914                   | 0,00                          | 2.706                                    | 0,00                 | 45                           | 0,00                     |
| Leña        | 587                     | 1.308                         | 525                                      | 101                  | 0,00                         | 0,00                     |
| Biodiesel   | 0,00                    | 0,00                          | 43                                       | 0,00                 | 395                          | 0,00                     |
| Bioetanol   | 0,00                    | 0,00                          | 25                                       | 0,00                 | 5                            | 0,00                     |

Fuente: Elaboración propia.

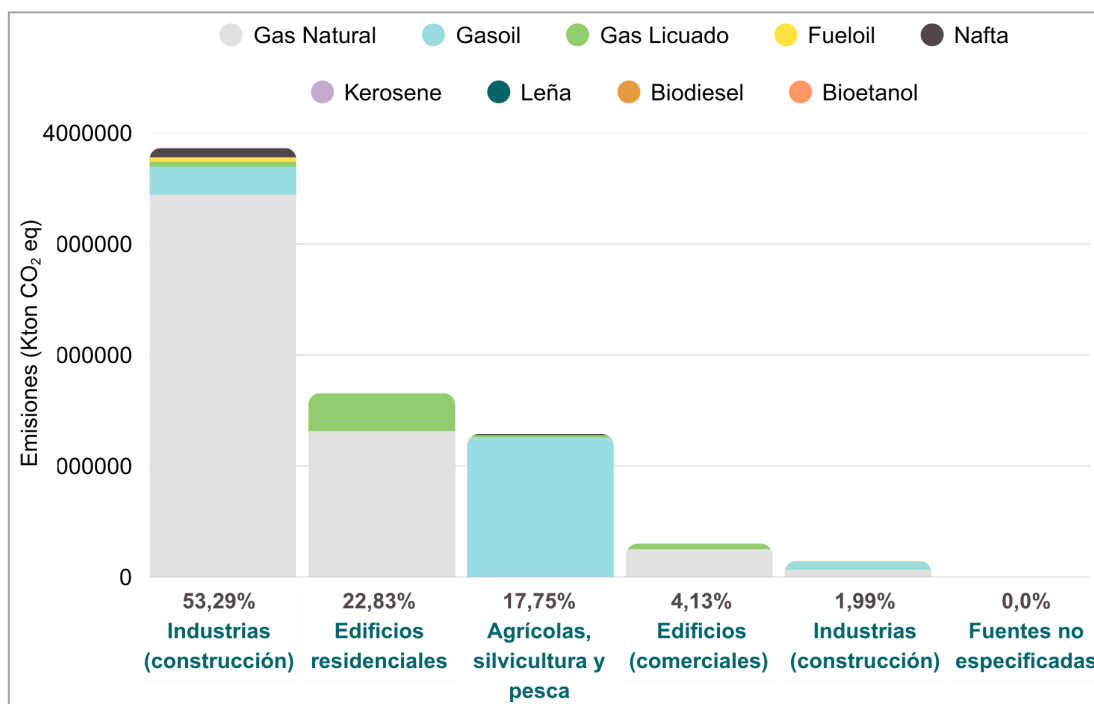


Gráfico 7: Emisiones de GEI de la Energía Estacionaria expresadas por tipo de combustible para cada subsector.

Fuente: Elaboración propia.

### **XI.I.I. Edificios residenciales**

Los edificios residenciales en la provincia de Santa Fe son responsables de la emisión de 2.837.313 tCO<sub>2</sub>e, lo que representa el 25,73% del total del sector energético y el 8,11% del total del inventario (categoría principal)<sup>7</sup>. Estas se deben principalmente al consumo de gas natural (599.245.000 m<sup>3</sup>) y electricidad (3.320.735 MWh) en viviendas y hogares de la región. El uso de gas natural, comúnmente empleado para calefacción, agua caliente y cocina, es una fuente importante de emisiones debido a su alta demanda en los meses de invierno, cuando las temperaturas en la provincia son más frías. La electricidad, por su parte, es utilizada principalmente para la iluminación, electrodomésticos y sistemas de climatización. Aunque en menor medida, las emisiones también provienen del uso de leña y gas licuado de petróleo (GLP), utilizados en áreas rurales o en hogares que no tienen acceso a la red de gas natural.

### **XI.I.II. Edificios e instalaciones comerciales e institucionales**

El subsector de Edificios e Instalaciones Comerciales e Institucionales es responsable de la emisión de 1.437.146 tCO<sub>2</sub>e, lo que representa el 13,03% del total del sector energético y el 4,11% como categoría principal. Los aportes de este subsector provienen principalmente del consumo de gas natural (114.046.000 m<sup>3</sup>) y electricidad (3.335.165 MWh), utilizados en actividades comerciales, institucionales

<sup>7</sup> Para ésta y las futuras categorías principales destacadas en el análisis, los valores porcentuales marcados sobre el "total de inventario" se calculan en base al total, compuesto por la sumatoria del valor absoluto de todas las emisiones y absorciones estimadas (BÁSICO+).

y servicios públicos. El gas natural se emplea para calefacción, agua caliente y procesos industriales, mientras que la electricidad es utilizada para iluminación, equipos electrónicos, sistemas de climatización y refrigeración. Además, se considera el consumo de gas licuado de petróleo (GLP) en garrafas y leña, aunque su impacto es menor en comparación con el gas natural y la electricidad.

Cabe destacar que, debido a la imposibilidad de desagregar el dato de actividad, también se incluyen en este subsector las emisiones provenientes de la electricidad utilizada para el transporte electrificado, lo cual incrementa el consumo total de electricidad de esta categoría. En términos generales, este subsector es el que presenta el mayor consumo eléctrico dentro del sector energético.

### **X.I.III. Industrias de fabricación y construcción**

El sector industrial es el mayor contribuyente dentro del sector energético, sumando el 40,55% del total de las emisiones. Sus emanaciones de CO<sub>2</sub> constituyen la segunda categoría principal del inventario, abarcando el 12,80% del total de inventario (categoría principal) y el 99,86% de este subsector. Las fuentes de emisiones se deben principalmente al consumo de combustibles fósiles, como naftas, gasoil, kerosene, fuel oil y gas natural, así como biocombustibles y biomasa (como la leña). Además, este subsector incluye el consumo de electricidad utilizada en diversos procesos industriales, como la operación de maquinaria y sistemas de producción.

También se registran aquí los mayores consumos de gas natural, con un total de 1.572.794.000 m<sup>3</sup>, utilizado en procesos de generación de calor, cocción y otros procesos industriales. El uso de este energético es un factor determinante en la generación de CO<sub>2</sub>.

### **X.I.IV. Industrias de energía**

Los resultados de las industrias de energía se muestran de manera diferenciada en función del nivel de reporte utilizado. Para clarificar cómo se contabilizan las emisiones del sector de Energía Estacionaria según los distintos niveles establecidos por el GPC, se describe a continuación:

- Niveles BÁSICO y BÁSICO+: En estos niveles, no se incluyen las emisiones asociadas a la generación de electricidad destinada a la inyección a la red nacional (como es el caso de las centrales térmicas), ya que esta electricidad no se consume exclusivamente dentro del territorio provincial. Incluir estas emisiones podría resultar en un doble conteo, dado que ya están reflejadas en aquellas asociadas al consumo eléctrico de la provincia, a través de los factores de emisión empleados para calcular las emisiones de alcance 2. No obstante, sí se incluyen en estos niveles aquellas derivadas del autoconsumo de combustible en las propias centrales (alcance 1) y el consumo eléctrico de las centrales que utilizan electricidad de la red (alcance 2).
- Nivel Territorial: Este nivel contabiliza todas las emisiones ocurridas dentro de los límites del territorio provincial, independientemente de si la energía generada se destina a la red nacional o a otros destinos. En este nivel, se

incluyen todas las emisiones de las plantas generadoras de electricidad ubicadas dentro de la provincia, incluso si la electricidad producida se exporta fuera del territorio.

Si se considera el reporte en el nivel Básico+, las industrias de energía representan el 2,25% del sector energético. Sin embargo, en el reporte territorial, el aporte asciende a 5.013.480. Las 4.868.870 tCO<sub>2</sub>e provienen del consumo de gas natural, fuel oil y gasoil en las plantas generadoras de electricidad ubicadas dentro de la jurisdicción provincial. Para obtener más detalles sobre éstas instalaciones, se puede consultar el Anexo B.

#### **X.I.V. Actividades de agricultura, silvicultura y pesca**

La Agricultura, Silvicultura y Pesca es responsable de la emisión de 1.359.599 tCO<sub>2</sub>e, lo que representa el 12,33% del total del sector energético. Las emisiones de CO<sub>2</sub> de este subsector se consideran una categoría principal dentro del inventario, siendo el 3,88% del total. Las principales fuentes provienen del consumo de combustibles como nafta, gasoil, kerosene, biocombustibles y gas licuado de petróleo (GLP), que son utilizados principalmente en maquinaria agrícola, vehículos de transporte y en algunos procesos de producción.

#### **X.I.VI. Fuentes no especificadas**

La porción correspondiente a Fuentes no especificadas se debe a un consumo de 1.433.740 MWh que no pudieron ser atribuidos a ninguna categoría específica debido al tipo de desagregación de la fuente de información. Estas emisiones no corresponden al alcance 1, ya que no provienen de fuentes directas dentro del territorio. El total reportado para este subsector es de 509.735 tCO<sub>2</sub>e, 4,62% de Energía estacionaria.

#### **X.I.VII. Emisiones fugitivas de la minería, procesamiento, almacenamiento y transporte de carbón**

Las emisiones fugitivas de la minería, procesamiento, almacenamiento y transporte de carbón en la provincia de Santa Fe se deben principalmente a los datos de extracción y procesamiento de carbón, que sumaron 2.315 toneladas en el año 2022. El subsector totaliza 2.661 tCO<sub>2</sub>e, siendo el principal aporte del metano (CH<sub>4</sub>), que escapa durante las actividades de extracción y procesamiento del carbón. Según el GPC, las emisiones fugitivas corresponden a las liberaciones no controladas de gases durante la minería y el manejo del carbón, que incluyen tanto el metano como otros gases asociados a estas actividades.

#### **X.I.VIII. Emisiones fugitivas provenientes de los sistemas de petróleo y gas natural**

Las emisiones fugitivas provenientes de los sistemas de petróleo y gas natural se relacionan con las pérdidas por transmisión y distribución del gas natural en la provincia. En 2022, se manejó un volumen total de 3.462.570.000 m<sup>3</sup> de gas

natural, lo que resultó en 161.069 tCO<sub>2</sub>e, equivalentes al 1,46% del sector energético. Todas estas pérdidas corresponden al alcance 1.

## XI.II. Transporte

Los resultados se presentan clasificados según los Alcances 1, 2 y 3, y conforme a los dos niveles de reporte establecidos por el GPC: BÁSICO y BÁSICO+. Los valores cuantitativos se muestran en la Tabla 11. La mayor parte de las emisiones del sector son dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y se expresan en toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente (tCO<sub>2</sub>e).

Para este inventario se adoptó el método de ventas de combustible, uno de los propuestos por el GPC, mediante el cual se calculan las emisiones en función del total de combustible vendido dentro del límite territorial, asumiendo que su quema ocurre enteramente en ese mismo territorio. Como resultado, todas las emisiones se asignan al alcance 1, ya que provienen de la combustión de combustibles dentro de los límites del inventario, independientemente de si algunos desplazamientos cruzan fronteras jurisdiccionales. Este criterio explica por qué no se observan diferencias entre los niveles de reporte BÁSICO y BÁSICO+ en este sector. Además, el criterio facilita la agregación de datos entre ciudades o provincias, evitando tanto dobles contabilizaciones como omisiones.

Tabla 11: Resultados de Transporte para Alcances 1,2 y 3, segregadas por nivel de reporte: BÁSICO, BÁSICO+ y TERRITORIAL.

| Nro. Ref<br>GPC                                                | Fuentes GEI                              | Total GEIs (toneladas CO2e) |           |           |           |           |           | Territorial |
|----------------------------------------------------------------|------------------------------------------|-----------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-------------|
|                                                                |                                          | Inducido por la ciudad      |           |           |           |           |           |             |
|                                                                |                                          | Alcance 1                   | Alcance 2 | Alcance 3 | Básico    | Básico+   |           |             |
| II                                                             | TRANSPORTE                               |                             |           |           |           |           |           |             |
| Enfoque utilizado para el cálculo: <b>Venta de Combustible</b> |                                          |                             |           |           |           |           |           |             |
| II.1                                                           | Terrestre en<br>carretera/<br>rodoviario | 4.397.285                   | IE        | IE        | 4.397.285 | 4.397.286 | 4.397.285 |             |
| II.2                                                           | Transporte<br>ferroviario                | 3.949                       | IE        | IE        | 3.949     | 3.949     | 3.949     |             |
| II.3                                                           | Navegación                               | 146.559                     | NE        | NE        | 146.559   | 146.559   | 146.559   |             |
| II.4                                                           | Aviación                                 | 36.977                      | NO        | NO        | 36.977    | 36.977    | 36.977    |             |
| II.5                                                           | Off-road                                 | -                           | IE        | IE        | -         | -         | -         |             |
| Subtotal sector transporte                                     |                                          | 4.584.772                   | -         | -         | 4.584.772 | 4.584.779 | 4.584.772 |             |

Referencias:

- ✓ Fuentes cubiertas por el GPC
- Fuentes necesarias para el reporte de nivel BÁSICO
- y ● Fuentes necesarias para el reporte de nivel BÁSICO+
- Fuentes necesarias para el territorio total, pero no para el reporte BÁSICO/BÁSICO+ (en cursiva)
- Fuentes incluidas en Otras emisiones de alcance 3
- Emisiones no aplicables

Fuente: Elaboración propia., en base al GPC.

Se observa que las emisiones se concentran casi en su totalidad en la categoría “II.1 Terrestre en carretera”. Las demás categorías contribuyen en menor medida, destacándose, en orden decreciente: “II.3 Navegación”, “II.4 Aviación” y “II.2 Transporte ferroviario”. Los porcentajes correspondientes según BÁSICO+ se detallan en el Gráfico 8.

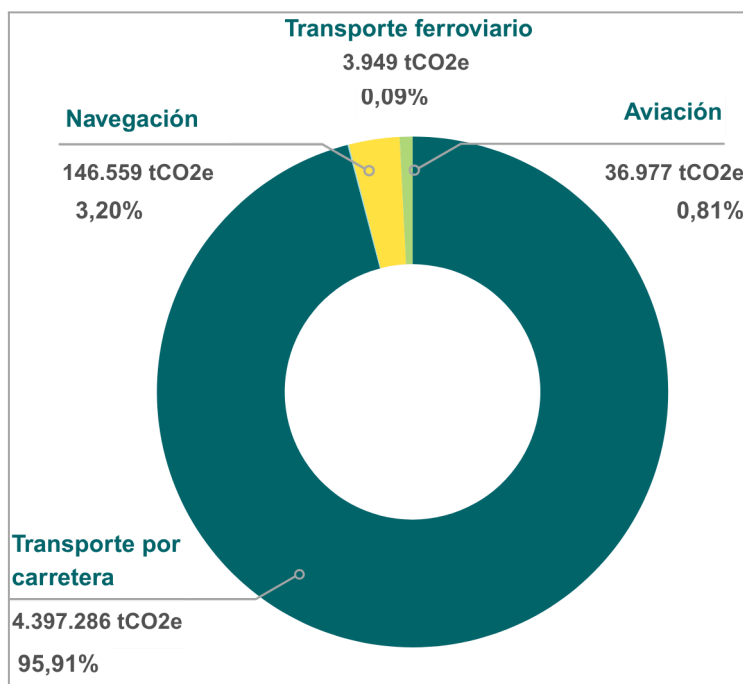


Gráfico 8: Contribución porcentual de subsectores de Transporte para BÁSICO+  
Fuente: Elaboración propia.

De manera informativa, se menciona que el sector de Transporte aporta una importante cantidad de CO<sub>2</sub> biogénico, que alcanza las 135.485 toneladas. Éstas son resultado de la implementación de biocombustibles para el corte en los vehículos del sector. Al igual que en el caso de las emisiones biogénicas del sector de energía, este CO<sub>2</sub> proviene de la combustión de biocombustibles, cuyo carbono es parte del ciclo natural, ya que proviene de la biomasa utilizada para producirlos.

Tal como en el apartado anterior, es interesante desagregar el total de emisiones según el tipo de energético y combustible utilizados en las distintas categorías de Transporte. La contribución de cada fuente de energía, diferenciando entre combustibles líquidos y sólidos, gas y biomasa., se presenta en la Tabla 12. En este caso, el consumo de electricidad no fue incluido ya que se encuentra reportado en el sector de “I.II. Edificios comerciales e instituciones”, Energía Estacionaria (IE).

La distribución porcentual de estas contribuciones se muestra en el Gráfico 9, donde se observa que la combustión de combustibles líquidos constituyen la principal fuente de emisiones de gases de efecto invernadero en el sector



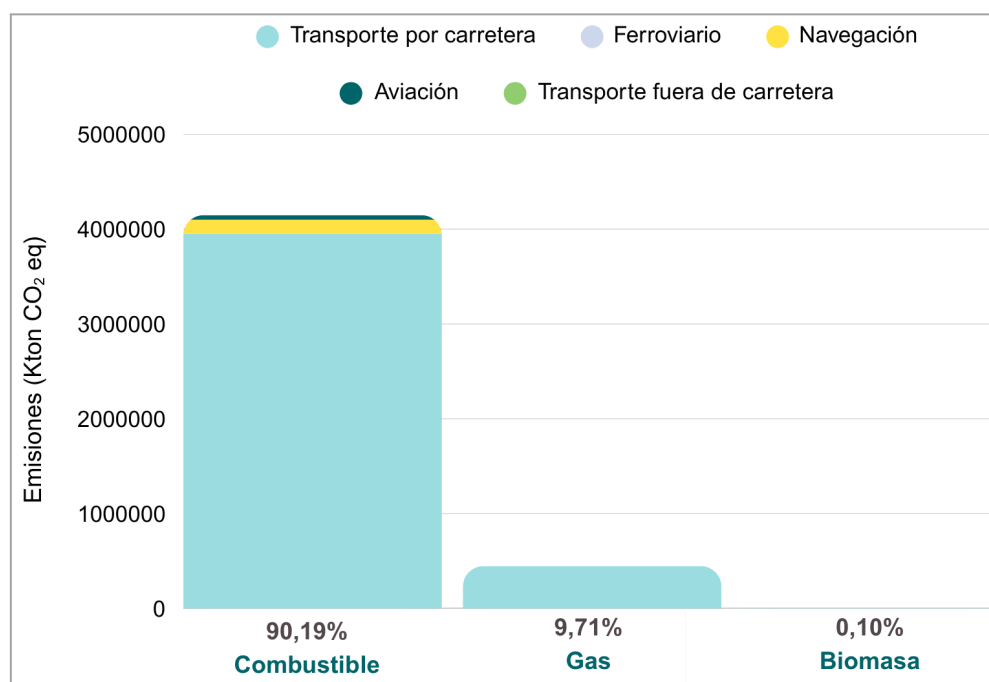
transporte, con un 90,19% del total. En segundo lugar se ubica el consumo de gas, con un 9,71%, mientras que la utilización de biocombustibles aporta una mínima fracción del total, equivalente al 0,10%.

Se destaca, a su vez, el marcado aporte del dióxido de carbono como mayor contribuyente (97,72%), aspecto característico de actividades marcadas por la combustión de combustibles fósiles.

*Tabla 12: Emisiones de GEI del Transporte expresadas por tipo de energético para cada subsector*

| Energéticos           | Transporte por carretera | Ferrovioario | Navegación marítima, fluvial y lacustre | Aviación | Transporte fuera de carretera |
|-----------------------|--------------------------|--------------|-----------------------------------------|----------|-------------------------------|
| Combustibles líquidos | 3.948.361                | 3.949        | 146.559                                 | 48.538   | 0,00                          |
| Gas                   | 446.337                  | 0,00         | 0,00                                    | 0,00     | 0,00                          |
| Biocombustibles       | 4.542                    | 0,00         | 0,00                                    | 0,00     | 0,00                          |

*Fuente: Elaboración propia.*



*Gráfico 9: Emisiones de GEI del Transporte expresadas por tipo de energético para cada subsector, para el Nivel Básico+.*

*Fuente: Elaboración propia.*

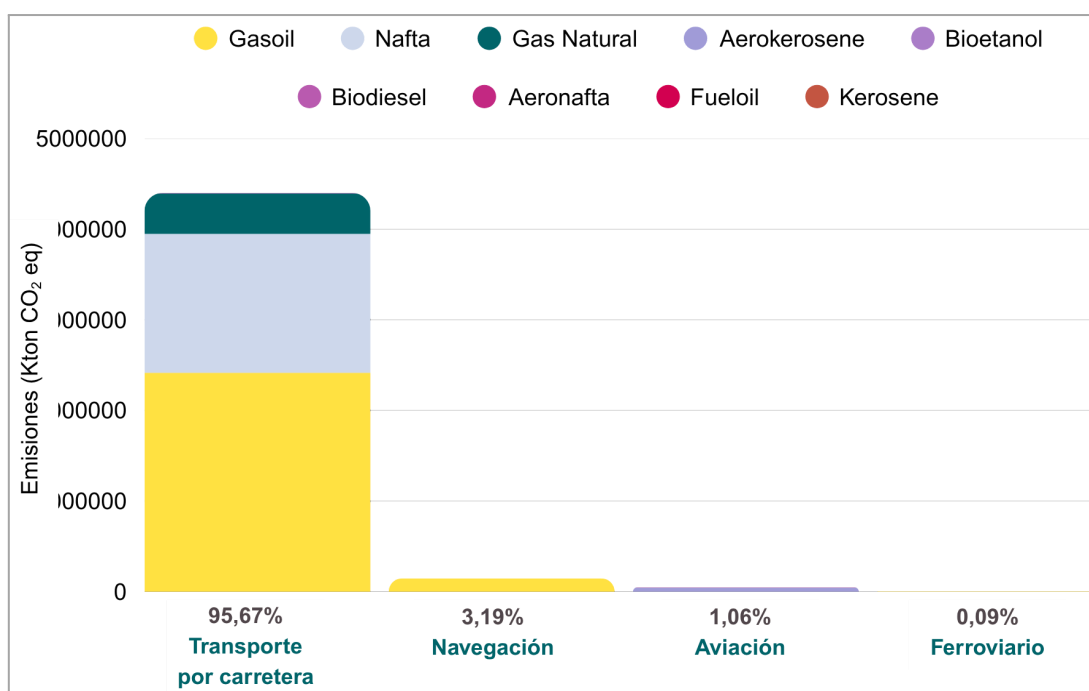
La distribución de las emisiones del Transporte según el tipo de combustible se detalla en la Tabla 13. El consumo de gasoil en la categoría II.1 Terrestre en carretera, que abarca el 55,79% del total, constituye la fuente principal. Le siguen la nafta, con un 33,35%, y el gas natural, con un 9,71%. En conjunto, estos cuatro combustibles concentran el 98,84% de las emisiones del sector.

El resto de los combustibles presenta una pequeña contribución. La distribución completa para el total de combustibles, expresadas por categoría de transporte se muestra en el Gráfico 10.

*Tabla 13: Emisiones de GEI del Transporte expresadas por tipo de combustible para cada subsector, para el Nivel Básico+.*

| Combustibles | Transporte por carretera | Ferrovioario | Navegación marítima, fluvial y lacustre | Aviación |
|--------------|--------------------------|--------------|-----------------------------------------|----------|
| Gasoil       | 2.415.235                | 3.949        | 146.015                                 | 0,00     |
| Nafta        | 1.533.125                | 0,00         | 293                                     | 0,00     |
| Gas Natural  | 446.337                  | 0,00         | 0,00                                    | 0,00     |
| Aerokerosene | 0,00                     | 0,00         | 0,00                                    | 47.210   |
| Bioetanol    | 2.586                    | 0,00         | 0,00                                    | 0,00     |
| Biodiesel    | 1.955                    | 0,00         | 0,00                                    | 0,00     |
| Aeronafta    | 0,00                     | 0,00         | 0,00                                    | 1.261    |
| Fueloil      | 0,00                     | 0,00         | 249,93                                  | 0,00     |
| Kerosene     | 0,00                     | 0,00         | 0,00                                    | 66       |

*Fuente: Elaboración propia.*



*Gráfico 10: Emisiones de GEI del Transporte expresadas por tipo de combustible para cada subsector. Nivel Básico+.*

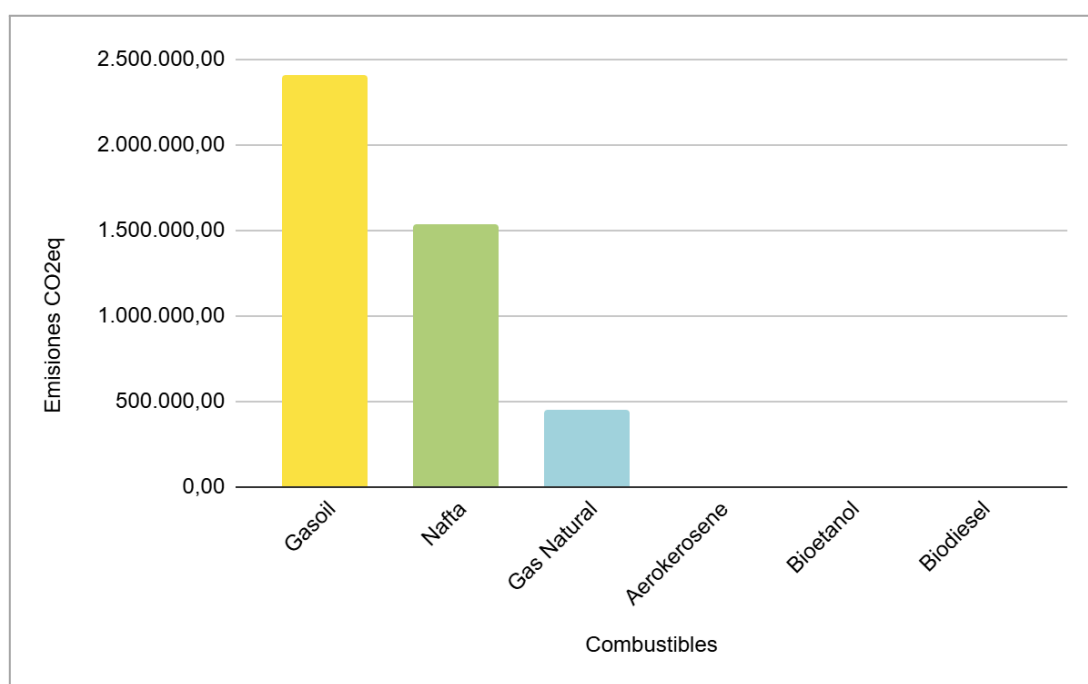
*Fuente: Elaboración propia.*

### XI.II.I. Transporte en carretera

El Transporte en carretera es responsable de 4.397.286 tCO<sub>2</sub>e, todas ellas correspondientes al alcance 1. Esta cifra refleja las emisiones generadas por todas las actividades de transporte por carretera en la provincia, sin distinguir entre motocicletas, vehículos de mediano peso o pesados, ni entre transporte privado o público, o de pasajeros. Este subsector representa casi la totalidad del sector,

siendo una actividad muy relevante en la provincia. El transporte de cargas es vital para la economía regional, ya que conecta los centros productivos con los mercados locales e internacionales. Por otro lado, los vehículos privados tienen un gran impacto debido a la alta dependencia de los habitantes de la provincia en vehículos personales para sus desplazamientos diarios, especialmente en áreas rurales o de menor densidad urbana.

Las emisiones de CO<sub>2</sub> del transporte por carretera son una categoría principal dentro del inventario, representando el 12,31% del total. De este valor, el 89,75% proviene del consumo de combustibles fósiles (como nafta, gasoil y otros), mientras que el 10,15% se origina del consumo de Gas Natural Comprimido (GNC).



*Gráfico 11: Aporte de cada tipo de combustibles al subsector de transporte en carretera.  
Fuente: Elaboración propia..*

### **XI.II.II. Ferroviario**

El subsector Ferroviario es responsable de 3.949 tCO<sub>2</sub>e, todas generadas por el consumo de gasoil dentro de los límites territoriales. Estas emisiones representan el 0,09% del transporte en la provincia.

### **XI.II.III. Navegación**

La Navegación es responsable de 146.559 tCO<sub>2</sub>e, lo que representa el 3,20% del total del sector. Esta actividad es de gran importancia para la provincia de Santa Fe, especialmente en el contexto del comercio exterior, ya que el transporte fluvial es clave para la exportación de productos agroindustriales, como granos y derivados, a través del río Paraná. Los principales consumos que generan las emisiones de este subsector provienen de nafta, gasoil y fueloil, utilizados en las embarcaciones para su propulsión y funcionamiento.

#### XI.II.IV. Aviación

El subsector de Aviación es responsable de 36.977 tCO<sub>2</sub>e, lo que representa un aporte menor al 1% de las emisiones del sector. Las emisiones provienen principalmente del consumo de aeronaftas, kerosene y aerokerosene, utilizados como combustibles en las aeronaves en vuelos tanto de cabotaje como internacionales.

#### XI.II.V. Transporte fuera de carretera

No se registran consumos desagregados para este sector. Se considera que las emisiones se incluyen dentro del subsector “II.1. Transporte por carretera”. En relación a los posibles consumos eléctricos, se agrupan en “I.II. Edificios comerciales e institucionales”.

#### XI.III. Residuos

Los resultados del sector para los niveles de reporte BÁSICO y BÁSICO+ se muestran en la Tabla 14, con una distribución porcentual idéntica en ambos casos. Esto se debe a que no aplican emisiones de Alcance 2 y se considera que no ocurre la exportación de residuos para su tratamiento fuera de los límites provinciales. Por lo tanto, todas las emisiones relevadas en el reporte corresponden al Alcance 1, y provienen de la gestión de los distintos tipos de residuos realizada dentro de los límites provinciales.

Tabla 14: Resultados de Residuos para Alcances 1 y 3, segregadas por nivel de reporte: BÁSICO, BÁSICO+ y TERRITORIAL.

| Nro. Ref GPC      | Fuentes de gases de efecto invernadero         | Total GEIs (toneladas CO2e) |           |           |           |           |             |
|-------------------|------------------------------------------------|-----------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-------------|
|                   |                                                | Inducido por la ciudad      |           |           |           |           | Territorial |
|                   |                                                | Alcance 1                   | Alcance 2 | Alcance 3 | Básico    | Básico+   |             |
| III               | RESIDUOS                                       |                             |           |           |           |           |             |
| III.1             | Residuos Sólidos                               | 1.962.920                   |           | -         | 1.962.920 | 1.962.920 | 1.962.920   |
| III.2             | Tratamiento Biológico                          | NE                          |           | -         | -         | -         | NE          |
| III.3             | Incineración                                   | 1.092                       |           | -         | 1.092     | 1.093     | 1.092,92    |
| III.4a            | Tratamiento y eliminación de AR (domésticas)   | 398.349                     |           | -         | 398.349   | 398.349   | 398.349     |
| III.4b            | Tratamiento y eliminación de AR (industriales) | NE                          |           | NO        | -         | -         | NE          |
| Subtotal Residuos |                                                | 1.801.803                   | -         | -         | 1.801.803 | 1.801.803 | 1.801.803   |

#### Referencias:

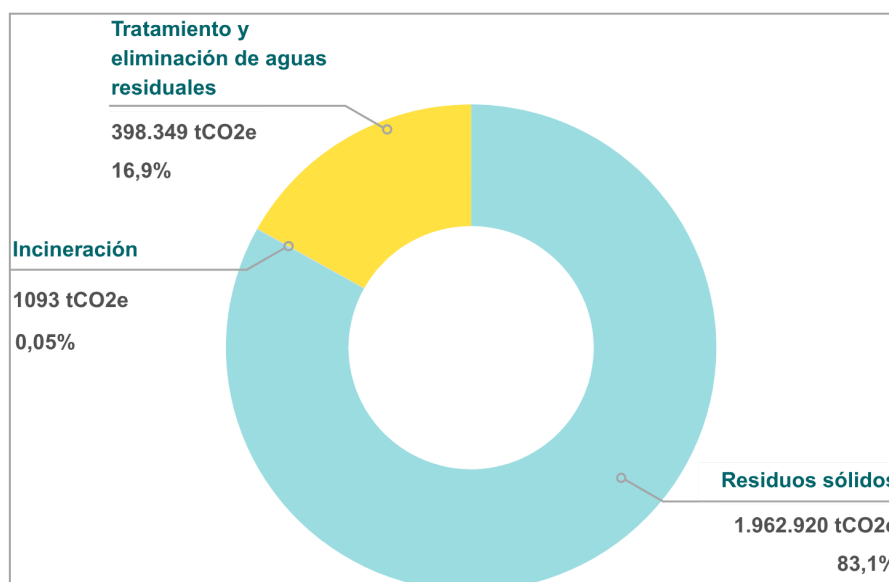
- ✓ Fuentes cubiertas por el GPC
- Fuentes necesarias para el reporte de nivel BÁSICO
- y ● Fuentes necesarias para el reporte de nivel BÁSICO+
- Fuentes necesarias para el territorio total, pero no para el reporte BÁSICO/BÁSICO+ (en cursiva)
- Fuentes incluidas en Otras emisiones de alcance 3
- Emisiones no aplicables

*Fuente: Elaboración propia, en base al GPC.*

El análisis de los resultados se realiza en función del tipo de tratamiento aplicado a los residuos, identificando tres fuentes principales:

- III.1.1 Tratamiento de residuos sólidos, que abarca tanto la disposición en rellenos sanitarios como en sitios no controlados.
- III.3.1 Incineración controlada de residuos hospitalarios.
- III.4.1 Tratamiento y eliminación de aguas residuales, que se subdivide en:
  - III.4.1.a Aguas residuales domésticas
  - III.4.1.b Aguas residuales industriales (no consideradas en este inventario)

Dentro de estas fuentes, el mayor porcentaje proviene del tratamiento de residuos sólidos, representando el 83,09% del total estimado (1.962.920 tCO<sub>2</sub>e). Le sigue el tratamiento y eliminación de aguas residuales, con un 16,86% (398.349 tCO<sub>2</sub>e), y, en menor medida, la incineración controlada de residuos hospitalarios, que contribuye solo con el 0,05% (1.093 tCO<sub>2</sub>e). Esta distribución se mantiene constante tanto en el nivel de reporte BÁSICO como en BÁSICO+, y se visualiza en el Gráfico 12.

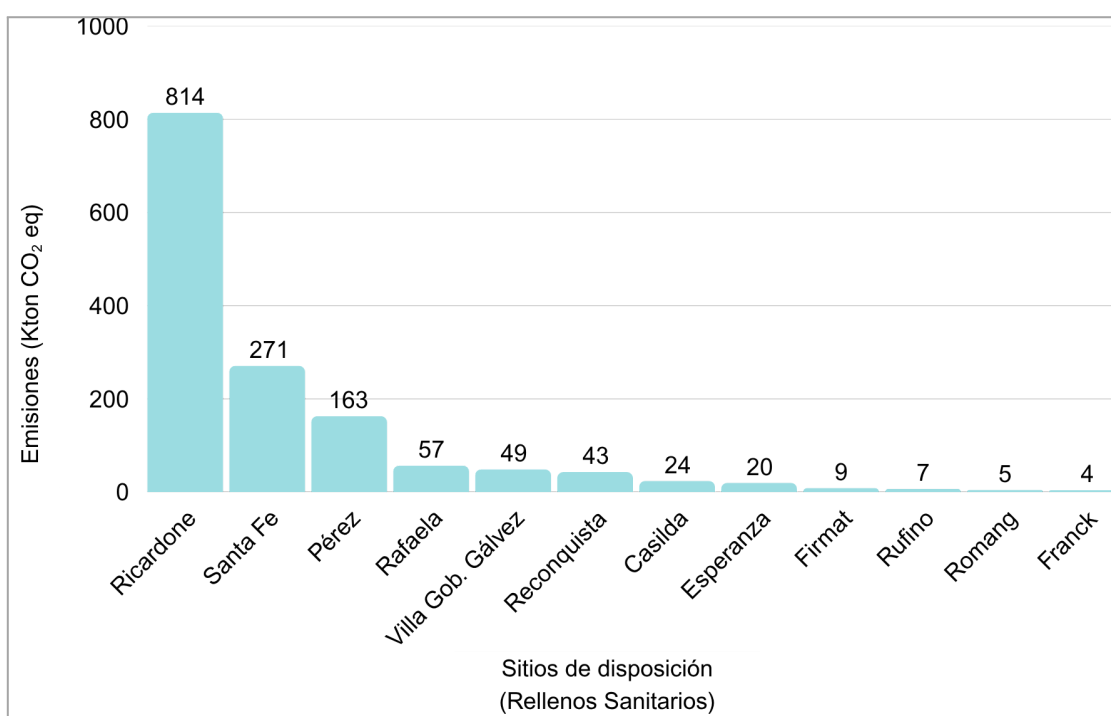


**Gráfico 12: Contribución porcentual de subsectores de Residuos para BÁSICO/BÁSICO+**

*Fuente: Elaboración propia.*

### **XI.III.1. Residuos Sólidos**

La generación de metano proveniente de la disposición final de residuos sólidos es una categoría principal en este inventario de gases, representando el 5,63% del total estimado para el año 2022. Estas se generan tanto en rellenos sanitarios como en sitios no controlados, y se expresan en toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente. Del total estimado, aproximadamente el 74,71% (1.466.591 tCO<sub>2</sub>e) provienen de los rellenos sanitarios, mientras que el 25,28% restante (496.328 tCO<sub>2</sub>e) se origina en sitios no categorizados. La distribución de las emisiones según el tipo de disposición se detalla en el Gráfico 13. Esta desagregación solo fue posible para los rellenos sanitarios, debido a la falta de información específica sobre la localización de los sitios no controlados dentro de los límites provinciales.



*Gráfico 13: Contribución de emisiones de GEI segregadas por sitio de relleno sanitario en Santa Fe.*

*Fuente: Elaboración propia.*

Esta distribución está estrechamente vinculada a la capacidad operativa anual de cada sitio. Al considerar la población atendida, se identifican las emisiones generadas en el sitio de disposición final ubicado en Ricardone, operado por Resicom Ingeniería Ambiental SRL, como el principal aportante. Este centro recibe los residuos de la ciudad de Rosario y parte de su área metropolitana, la zona con mayor concentración poblacional de la provincia. En segundo y tercer lugar, se encuentran el sitio de Santa Fe, gestionado por Milicic S.A., que atendió a 403.878 personas en 2022, y el sitio de Pérez, respectivamente.

### **XI.III.3. Incineración y quema a cielo abierto**

El subsector aporta 1.093 tCO<sub>2</sub>e al total. En este caso, se estimó únicamente el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), utilizando factores de emisión por defecto del IPCC,

debido a la disponibilidad limitada de datos específicos. La actividad considerada es principalmente la incineración de residuos hospitalarios, estimada mediante un parámetro a nivel nacional.

Por otro lado, las emisiones asociadas a la incineración de residuos peligrosos no fueron consideradas debido a la falta de información detallada, mientras que la quema a cielo abierto fue excluida del análisis, ya que esta práctica es ilegal en la provincia.

#### **XI.III.4 Tratamiento y eliminación de aguas residuales**

El tratamiento y eliminación de aguas residuales emite un total de 398.349 tCO<sub>2</sub>e. La mayor parte proviene de metano (CH<sub>4</sub>), con 327.460 tCO<sub>2</sub>e, mientras que el óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) representa una proporción menor, con 70.755 tCO<sub>2</sub>e.

Se analizaron las emisiones derivadas de las aguas residuales en función de los sistemas de tratamiento utilizados en cada uno de los departamentos de la provincia durante el año 2022. Para una descripción más detallada de los diferentes tipos de tratamiento presentes en Santa Fe, se recomienda revisar los Anexos A y B. La distribución relativa de los resultados se muestra en el Gráfico 14, donde se observa que la mayor contribución proviene de las ciudades con mayor densidad poblacional. En particular, los departamentos de Rosario, La Capital y General López concentran los mayores porcentajes de emisiones de metano, alcanzando 21,75%, 19,01% y 7,81%, respectivamente.

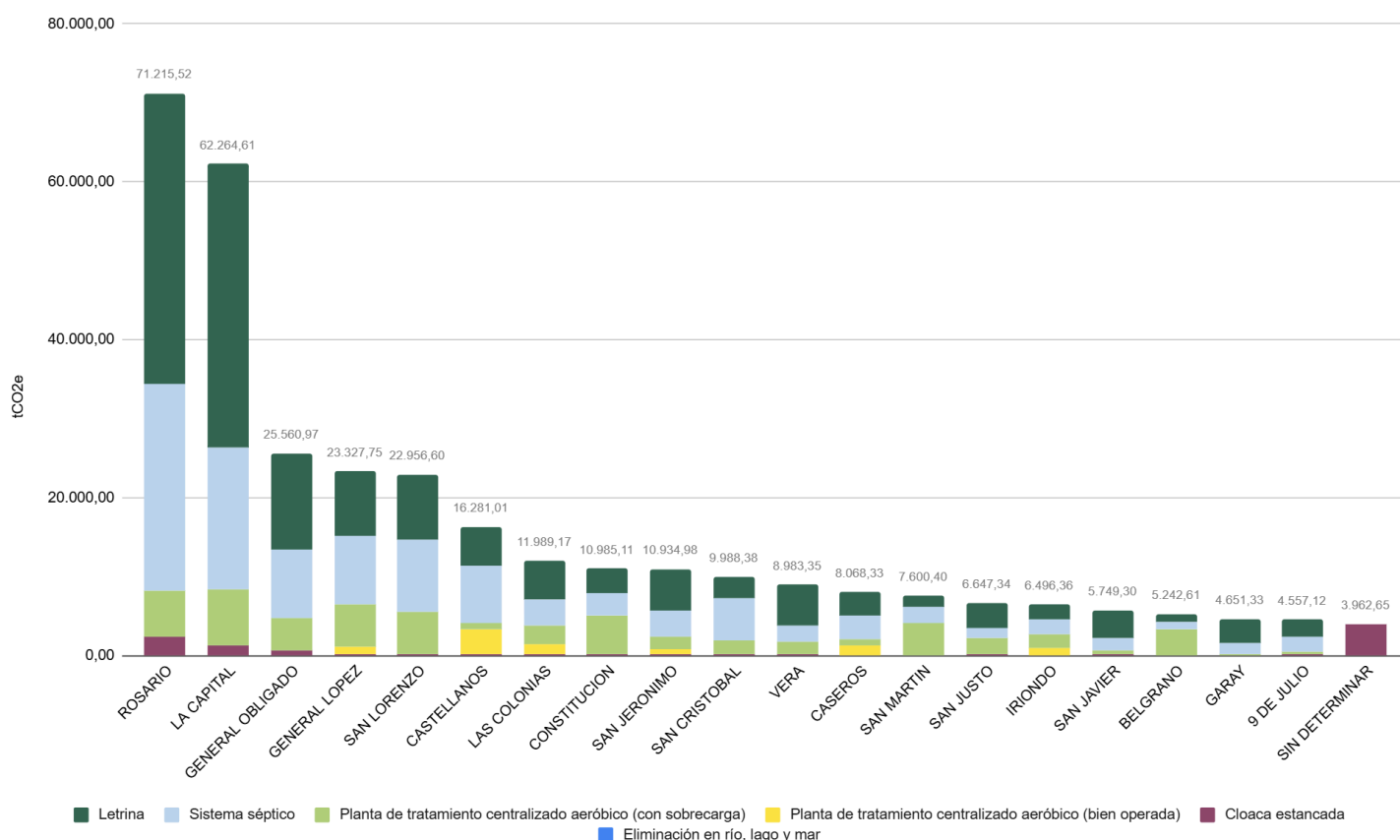


Gráfico 14: Contribución de emisiones de GEI segregadas por sistema de tratamiento, para cada departamento de Santa Fe (2022)  
Fuente: Elaboración propia.

## **XI.IV. Procesos industriales y uso de productos (IPPU)**

En el sector IPPU Procesos industriales y Uso de Productos), la totalidad de las emisiones se categorizan dentro del alcance 1 y se reportan bajo el nivel BÁSICO+. El 99% corresponde al dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), aunque también se generan pequeñas cantidades de metano (CH<sub>4</sub>).

El 98,9% del total del sector proviene de los procesos industriales. En cuanto a las emisiones asociadas al uso de productos, solo se han estimado aquellas generadas por el uso de lubricantes, que resultan poco significativas.

Del total generado por los procesos industriales, el 93,4% proviene de la subcategoría "IV.1.3 Industrias metalúrgicas" (882.143 tCO<sub>2</sub>e), mientras que el 6,6% restante (61.846 tCO<sub>2</sub>e) se origina en las "IV.1.2 Industrias químicas".

Los resultados desglosados por alcance y tipo de industria para el nivel BÁSICO+ se observan en la Tabla 15, mientras que el Gráfico 15 ilustra el peso relativo de cada industria en el total de IPPU.



Tabla 15: Resultados de IPPU para Alcance 1, segregadas por nivel de reporte: BÁSICO y TERRITORIAL.

| Nro. Ref GPC  | Fuentes de GEI                                                              | Total GEIs (toneladas CO2e) |           |           |        |            |             |
|---------------|-----------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|-----------|-----------|--------|------------|-------------|
|               |                                                                             | Inducido por la ciudad      |           |           |        |            | Territorial |
|               |                                                                             | Alcance 1                   | Alcance 2 | Alcance 3 | Básico | Básico+    |             |
| IV            | PROCESOS INDUSTRIALES Y USO DE PRODUCTOS (IPPU)                             |                             |           |           |        |            |             |
| IV.1          | Emisiones dentro de los límites del municipio de los procesos industriales. |                             |           |           |        |            |             |
| IV.1.1        | Emisiones de la industria minera                                            | NO                          |           |           |        | -          | -           |
| IV.1.2        | Emisiones de la industria química                                           | 61.846                      |           |           |        | 61.846     | 61.846      |
| IV.1.3        | Emisiones provenientes de la industria del metal                            | 882.143                     |           |           |        | 882.143    | 882.143     |
| IV.2          | Emisiones dentro de los límites del municipio del uso de productos          |                             |           |           |        |            |             |
| IV.2          | Emisiones dentro de los límites del municipio del uso de productos.         | 10.583                      |           |           |        | 10.583     | 10.583      |
| Subtotal IPPU |                                                                             | 954.572,30                  | -         | -         | -      | 954.572,30 | 954.572,30  |

Referencias:

- ✓ Fuentes cubiertas por el GPC
- Fuentes necesarias para el reporte de nivel BÁSICO
- y ● Fuentes necesarias para el reporte de nivel BÁSICO+
- Fuentes incluidas en Otras emisiones de alcance 3
- Fuentes necesarias para el territorio total, pero no para el reporte BÁSICO/BÁSICO+ (en cursiva)
- Emisiones no aplicables

Fuente. Elaboración propia.

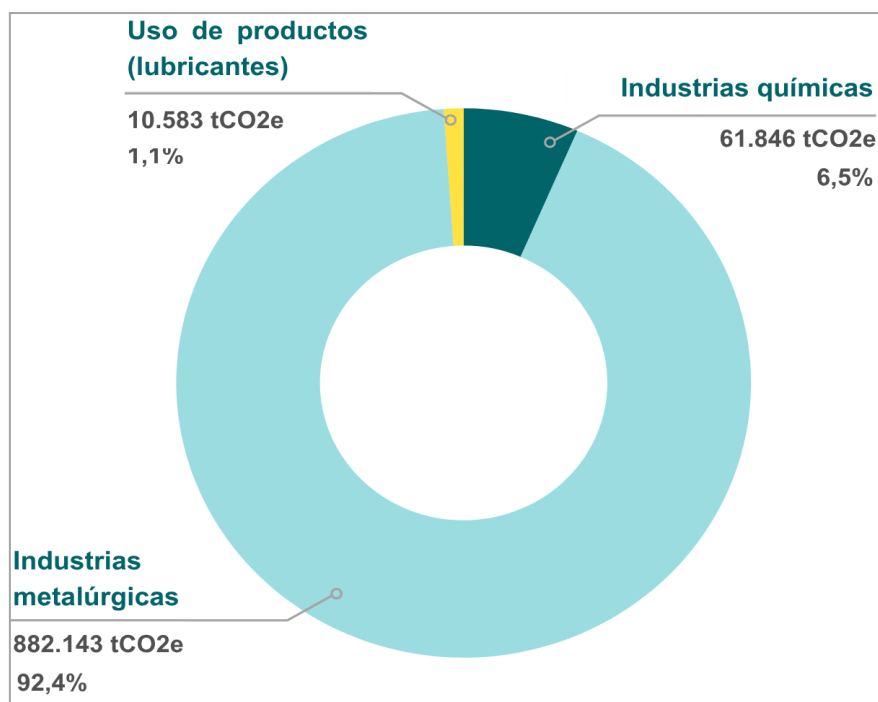


Gráfico 15: Contribución porcentual de subsectores de IPPU para nivel BÁSICO+  
Fuente: Elaboración propia.

#### XI.IV.1. Procesos industriales

Del total de las emisiones de procesos industriales, que ascienden a 943.989 tCO<sub>2</sub>e, se puede dividir el subsector en dos tipos de industrias: las industrias del metal, que representan el 93,4%, y las industrias químicas, que aportan el 6,6%.

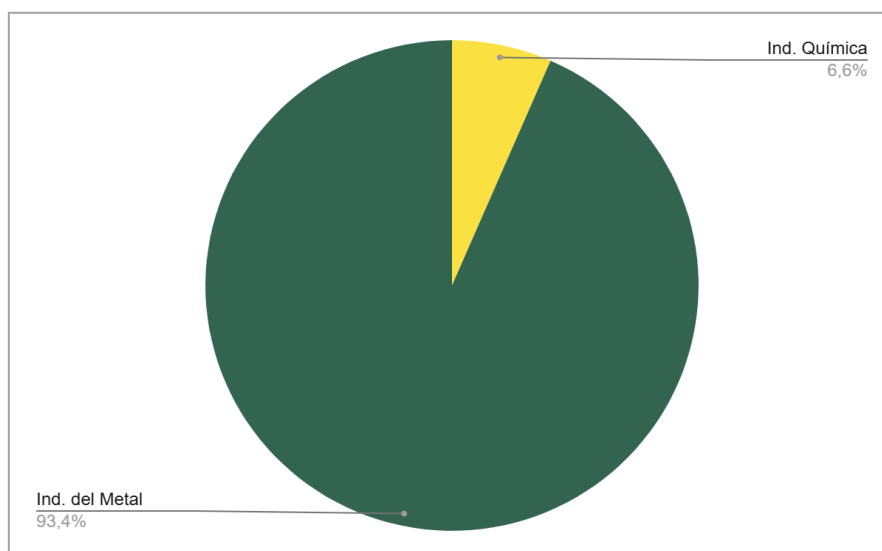


Gráfico 16: Contribución porcentual de emisiones de los distintos tipos de industria en Santa Fe, año 2022.  
Fuente: Elaboración propia.

“IV.1.3 Emisiones provenientes de la industria del metal” es categoría principal para este inventario de gases, representando el 2,53% del resultado global. De las 882.143 tCO<sub>2</sub>e emitidas por la industria metalúrgica, el 69,9% (616.728 tCO<sub>2</sub>e) proviene de la producción de hierro esponja mediante reducción directa, mientras que el 30,09% restante (265.414 tCO<sub>2</sub>e) se genera en la producción de acero en hornos EAF (Electric Arc Furnace).

Las industrias químicas están principalmente representadas por el rubro petroquímico, que genera un total de 61.846 tCO<sub>2</sub>e. Se reconocen dos actividades principales:

- Producción de metanol (33.645 tCO<sub>2</sub>e)
- Producción de etileno (28.202 tCO<sub>2</sub>e).

De manera informativa, se reconocen 2.101 toneladas de COVNM (Compuestos Orgánicos Volátiles No Metánicos), que no forman parte del reporte BÁSICO+.

#### **XI.IV.2. Uso de productos**

En cuanto al uso de productos, se ha estimado únicamente el uso de lubricantes, cuyas emisiones resultan poco significativas, sumando un total de 10.583 tCO<sub>2</sub>e. Los datos de consumo utilizados para esta estimación incluyen diversos tipos de lubricantes informados para la provincia de Santa Fe, correspondientes al año 2022: Bases lubricantes, grasas, lubricantes automotrices, lubricantes industriales y lubricantes marinos

### **XI.V. Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra (AFOLU)**

AFOLU representa el principal aporte de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) de la provincia, con un total de 14.390.170 toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente (43,19%) reportadas bajo el Alcance 1, tanto para los niveles BÁSICO+ como Territorial, ya que los procesos tienen lugar dentro de los límites geográficos de la provincia. Los resultados se muestran en la Tabla 16.

Tabla 16: Resultados de AFOLU para Alcance 1, segregadas por nivel de reporte: BÁSICO+ y TERRITORIAL.

| Nro. Ref GPC | Fuentes de gases de efecto invernadero                                              | Total GEIs (toneladas CO2e) |           |           |        |            |             |
|--------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|-----------|-----------|--------|------------|-------------|
|              |                                                                                     | Inducido por la ciudad      |           |           |        |            | Territorial |
|              |                                                                                     | Alcance 1                   | Alcance 2 | Alcance 3 | Básico | Básico+    |             |
| V            | AGRICULTURA, SILVICULTURA Y CAMBIO EN EL USO DEL SUELO (AFOLU)                      |                             |           |           |        |            |             |
| V.1          | Emisiones de ganadería dentro de los límites provinciales                           | 9.088.149                   |           |           |        | 9.088.149  | 9.088.149   |
| V.2          | Emisiones del uso del suelo dentro de los límites provinciales                      | 1.634.125                   |           |           |        | 1.634.125  | 1.634.125   |
| V.3          | Emisiones de fuentes agregadas y fuentes no CO2 en la tierra dentro de los límites. | 3.667.895                   |           |           |        | 3.667.895  | 3.667.895   |
| SUBTOTAL     |                                                                                     | 14.390.170                  |           |           |        | 14.390.170 | 14.390.170  |

Referencias:

- ✓ Fuentes cubiertas por el GPC
- Fuentes necesarias para el reporte de nivel BÁSICO
- y ● Fuentes necesarias para el reporte de nivel BÁSICO+
- Fuentes necesarias para el territorio total, pero no para el reporte BÁSICO/BÁSICO+ (en cursiva)
- Fuentes incluidas en Otras emisiones de alcance 3
- Emisiones no aplicables

Fuente. Elaboración propia.

El gas predominante es el metano (CH<sub>4</sub>), que representa el 63,51% del total de GEI, seguido por el óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), con 24,04% y el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), que aporta el 12,45%. El impacto de cada gas en el reporte BÁSICO+ se visualiza en el Gráfico 17.

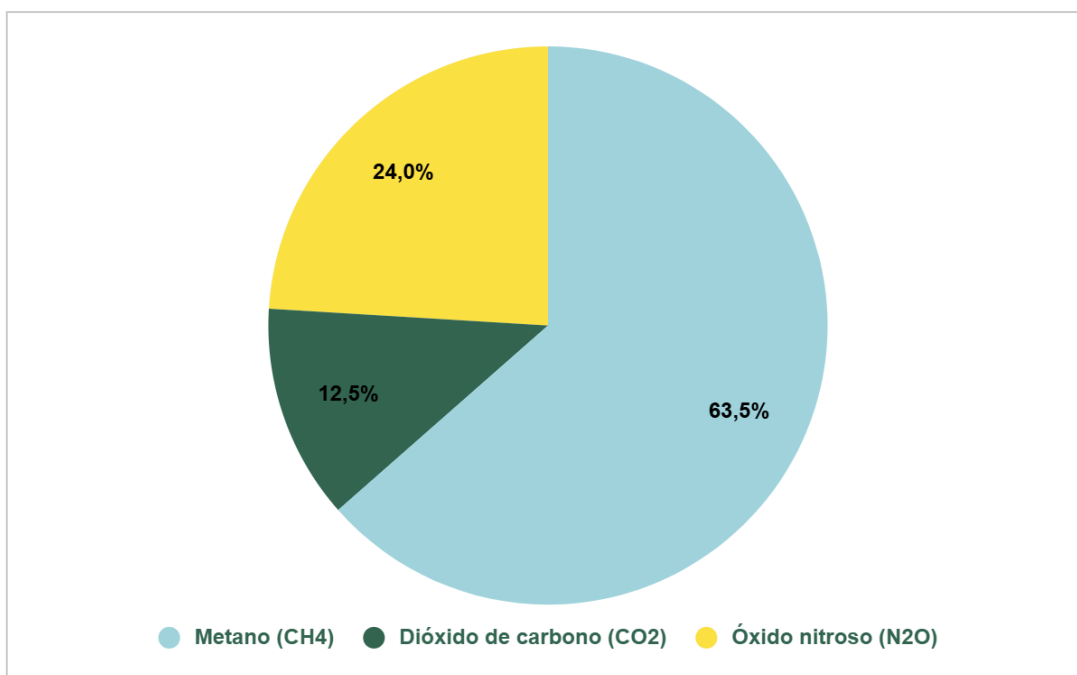


Gráfico 17: Contribución de cada GEI al total del sector AFOLU.  
Fuente: Elaboración propia..

Los resultados del sector se desglosan en tres subsectores:

- V.1 Ganadería
- V.2 Uso y cambios de uso del suelo
- V.3 Fuentes agregadas y de emisiones distintas al CO<sub>2</sub>.

Las emisiones de V.1 Ganadería dentro de los límites provinciales (9.088.149 tCO<sub>2</sub>e), se deben principalmente a la "V.1.1 Fermentación entérica" y la "V.1.2 Gestión del estiércol del ganado", las cuales representan aproximadamente el 63,16% del total de AFOLU.

El subsector V.2 Uso y cambios de uso del suelo, dentro de los límites provinciales (1.634.125 tCO<sub>2</sub>e), representa alrededor del 11,36%. Aquí se contabilizan tanto las emisiones como las absorciones generadas por los cambios en los depósitos de biomasa aérea y subterránea en los distintos tipos de usos del suelo.

Por último, las V.3 Fuentes agregadas y fuentes no CO<sub>2</sub>, que incluyen emisiones derivadas de la quema de residuos agrícolas y el uso de fertilizantes nitrogenados, aportan un 25,49% al total del sector AFOLU (3.667.895 tCO<sub>2</sub>e).

Las contribuciones porcentuales de cada uno de los subsectores mencionados se muestran en el Gráfico 18.

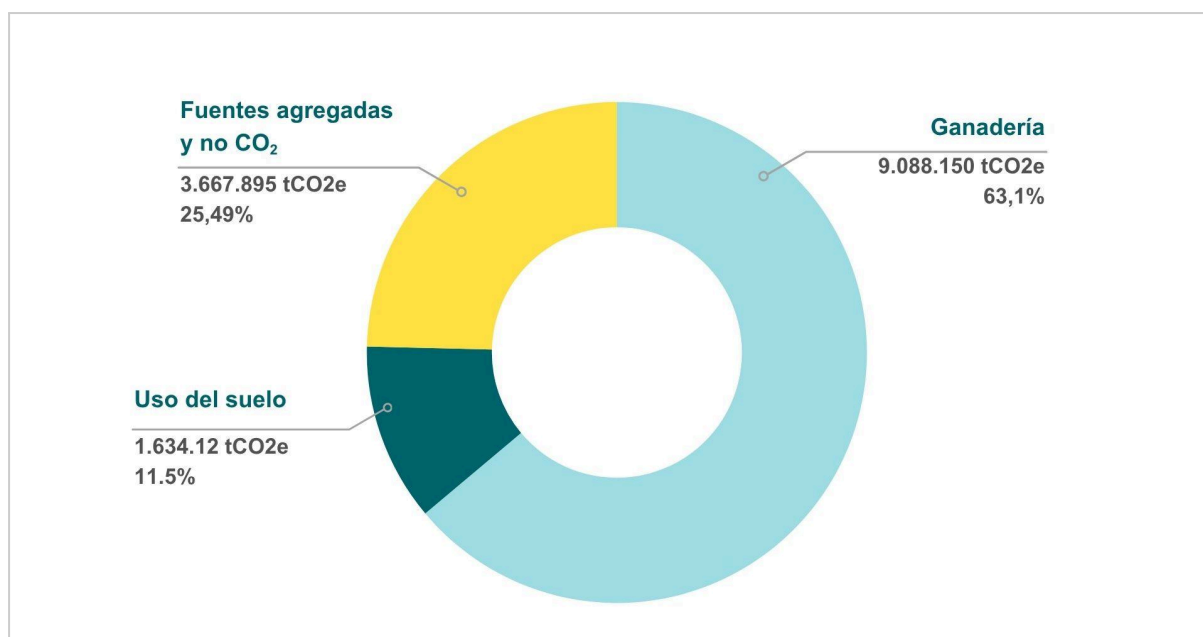


Gráfico 18: Contribución porcentual de subsectores de AFOLU para nivel BÁSICO+

Fuente: Elaboración propia.

A continuación se analiza más en detalle el resultado de cada subsector.

### **VIII.V.1.Ganadería**

Los resultados se expresan en toneladas de dióxido de carbono equivalente (tCO<sub>2</sub>e) y se calcularon teniendo en cuenta los sistemas productivos identificados en el territorio de la provincia. Estos incluyen la ganadería bovina tanto de carne como de leche, así como otras especies como ovinos, caprinos, camélidos, equinos, mulares, asnales, porcinos y aves.

Del total de la actividad ganadera (9.088.150 tCO<sub>2</sub>e), aproximadamente el 95,5% (8.679.130 tCO<sub>2</sub>e) proviene de la “V.1.1 Fermentación entérica”, mientras que el 4,5% restante (409.019 tCO<sub>2</sub>e) se atribuye a la “V.1.2 Gestión del estiércol”.

Es importante destacar que el subsector de ganadería tiene dos categorías principales de gran impacto:

- Emisiones de metano de “V.1.1.a.ii Fermentación entérica Bovinos de carne”, que es la categoría con mayor impacto en todo el inventario, representando el 20,71% del total.
- Emisiones de metano de “V.1.1.ai Fermentación entérica Bovinos lecheros”, que contribuye con el 5,55%.

Para poder visualizar claramente la distribución de resultados por categoría de emisión y especie ganadera, se observa que la producción bovina, especialmente la destinada a carne, tiene un impacto predominante sobre el resto de las especies. En todos los casos, la mayor proporción proviene de la “V.1.1

Fermentación entérica”. Esta distribución está reflejada en el Gráfico 19, donde también se evidencia el gran aporte de las categorías principales mencionadas anteriormente.

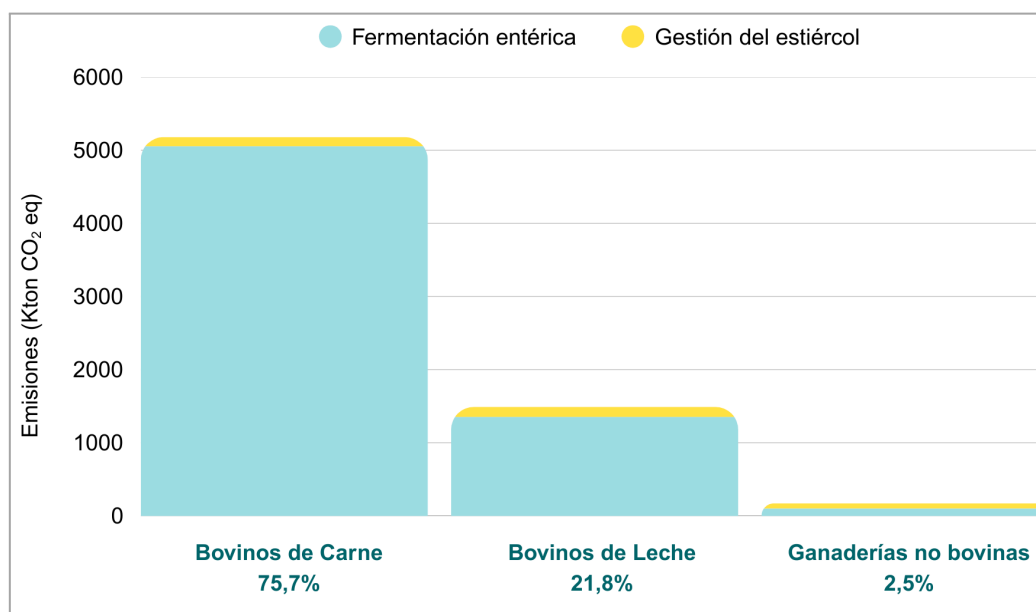


Gráfico 19: Distribución porcentual de emisiones clasificadas por categorías y especies ganaderas.

Fuente: Elaboración propia.

## VIII.V.2. Uso del suelo

El uso del suelo dentro de los límites provinciales se limita al análisis de cambio de existencias de carbono en los depósitos de biomasa aérea y subterránea en tierras forestales (distinguiéndose entre Bosques Nativos y Bosques Cultivados), tierras de cultivo y pastizales, y a la variación del carbono del suelo. Todas las emisiones se contabilizan como CO<sub>2</sub>, sin registros de CH<sub>4</sub> o N<sub>2</sub>O. Se recomienda visitar el Anexo A para conocer más acerca de la metodología y las consideraciones tomadas en este subsector.

Se registraron 1.634.125 tCO<sub>2</sub>e netas de gases de efecto invernadero para “V.2. Uso del suelo”, dentro del territorio, en el año 2022. Este balance indica que las emisiones generadas por el uso y manejo de estas tierras superaron la capacidad de captura de carbono de los ecosistemas provinciales durante el año evaluado. La tabla 17 muestra el aporte de cada categoría.

Tabla 17: Emisiones por categoría y subcategoría de V.2. Uso del suelo (Santa Fe, 2022).

| Nro. GPC     | Ref. | Subcategorías de Uso del suelo                                          | Emisiones totales (ton CO <sub>2</sub> e) |
|--------------|------|-------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|
| V.2.1        |      | Tierras forestales                                                      | 473.698                                   |
| V.2.1.ai.1   |      | Tierras forestales que permanecen como tales (Emisión Bosque Nativo)    | 603.893                                   |
| V.2.1.ai.2   |      | Tierras forestales que permanecen como tales (Captura Bosque Nativo)    | -24.364                                   |
| V.2.1.a.ii.1 |      | Tierras forestales que permanecen como tales (Emisión Bosque Cultivado) | 145.510                                   |
| V.2.1.a.ii.2 |      | Tierras forestales que permanecen como tales (Captura Bosque Cultivado) | -251.341                                  |
| V.2.2        |      | Tierras de cultivo                                                      | 174.083                                   |
| V.2.2.a      |      | Tierras de cultivo que permanecen como tales                            | -                                         |
| V.2.2.bi     |      | Tierras forestales convertidas en Tierras de cultivo                    | 681.184                                   |
| V.2.2.bii    |      | Pastizales convertidos en Tierras de Cultivo                            | -507.101                                  |
| V.2.3        |      | Pastizales                                                              | 607.815                                   |
| V.2.3.a      |      | Pastizales que permanecen como tales                                    | -                                         |
| V.2.3.bi     |      | Tierras forestales convertidas en pastizales                            | 30.335                                    |
| V.2.3.bii    |      | Tierras de Cultivo convertidos en pastizales                            | 577.479                                   |
| V.2.7        |      | Variación de materia orgánica del suelo (carbono)                       | 378.530                                   |

Fuente: Elaboración propia.



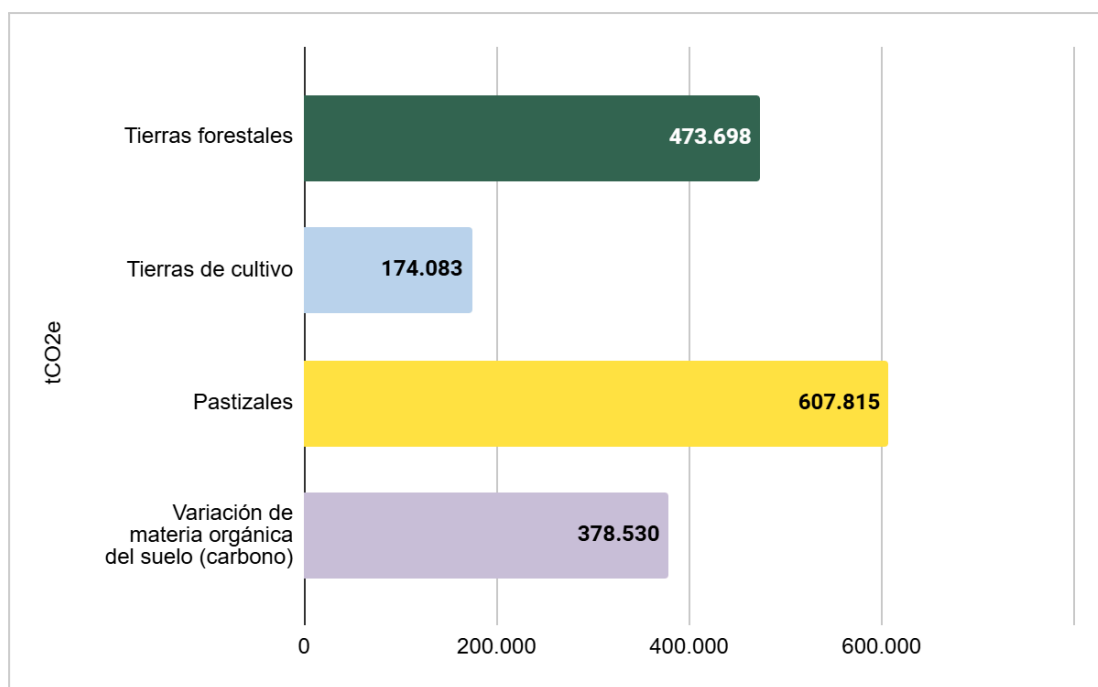


Gráfico 20: Participación de cada categoría del subsector "V.2.1. Uso del suelo".

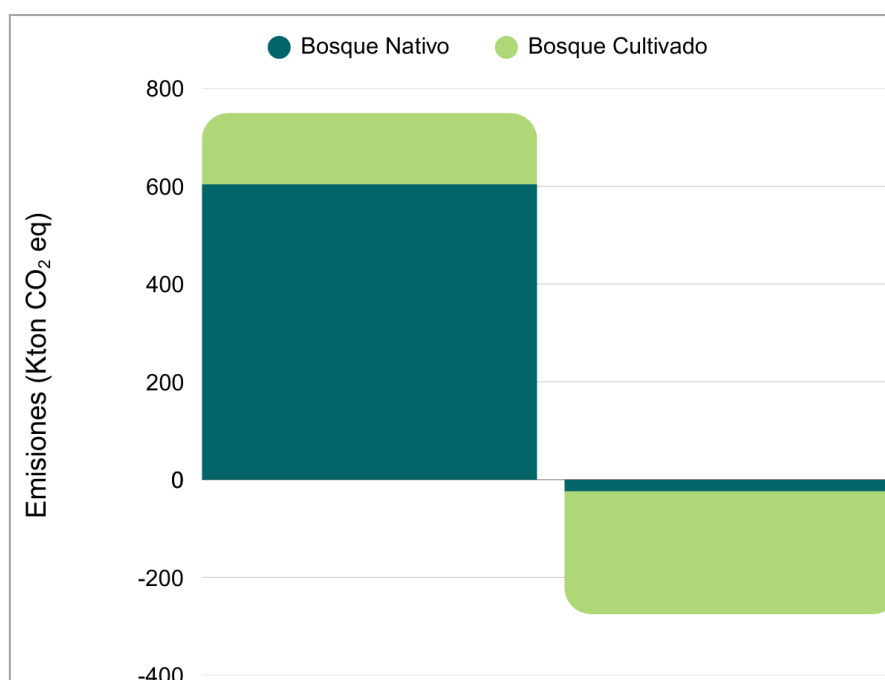
La categoría de pastizales es la que más aporta en este subsector, representando el 37,19% del mismo con 607.815 tCO<sub>2</sub>e. En mayor detalle, se observa que el cambio más relevante es la conversión de tierras de cultivo a pastizales (577.479 tCO<sub>2</sub>e), seguido por la conversión de tierras forestales a pastizales (30.335 tCO<sub>2</sub>e). Estas conversiones implican una importante pérdida de biomasa y, por tanto, liberación de CO<sub>2</sub>. La primera subcategoría mencionada es, a su vez, categoría principal de este inventario de gases (1,66%).

La categoría de tierras forestales es la segunda de mayor impacto. Dentro de ésta se distinguen cuatro subcategorías:

- V.2.1.ai.1 Tierras forestales que permanecen como tales (Emisión Bosque Nativo)
- V.2.1.ai.2 Tierras forestales que permanecen como tales (Captura Bosque Nativo)
- V.2.1.a.ii.1 Tierras forestales que permanecen como tales (Emisión Bosque Cultivado)
- V.2.1.a.ii.2 Tierras forestales que permanecen como tales (Captura Bosque Cultivado)

En el caso de los Bosques nativos (V.2.1.ai.1, V.2.1.ai), el balance neto de GEI resulta positivo, lo que indica que actúan como una fuente de GEI. Este resultado podría estar asociado a procesos de degradación o cambios en el uso del suelo. De hecho, las emisiones asociadas a esta categoría representan el 1,73% del total de inventario, lo que la convierte en una categoría principal para el año 2022. Por el contrario, los Bosques cultivados (V.2.1.a.ii.1, V.2.1.a.ii.2) presentan emisiones netas negativas en toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente, evidenciando una mayor capacidad de absorción.

A continuación, el Gráfico 21 presenta las absorciones y emisiones para ambas subcategorías incluidas en “V.2.1 Tierras forestales”.



*Gráfico 21: Emisiones (valores positivos) y absorciones (valores negativos) para Tierras forestales de Santa Fe (2022).  
Fuente: Elaboración propia..*

A la variación de materia orgánica del suelo se le asocian 378.530 toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente, 23,16% del subsector. Esto denota una pérdida en las reservas de carbono de este depósito en particular.

Por último, las tierras de cultivo presentan un balance neto de 174,083 tCO<sub>2</sub>e, lo que equivale al 10,65% del total del subsector Tierras. Este valor refleja principalmente el efecto combinado de la conversión de tierras forestales a tierras de cultivo (que genera un incremento de emisiones de 681,184 tCO<sub>2</sub>e) y la conversión de pastizales a tierras de cultivo, que muestra una absorción de -507,101 tCO<sub>2</sub>e. En conjunto, el resultado evidencia una tendencia neta emisora asociada a la expansión agrícola sobre áreas forestales, aunque parcialmente compensada por la conversión desde pastizales.

### **VIII.V.2. Emisiones procedentes de fuentes agregadas y emisiones del suelo distintas al CO<sub>2</sub>**

Las emisiones procedentes de fuentes agregadas y emisiones del suelo distintas al CO<sub>2</sub> aportan un total de 3.667.895 toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente, 25,49% del total del sector de AFOLU.

El detalle y la contribución porcentual de la totalidad procedente de cada categoría de fuentes agregadas y emisiones del suelo distintas al CO<sub>2</sub> se observan en la Tabla 18 y el Gráfico 22.

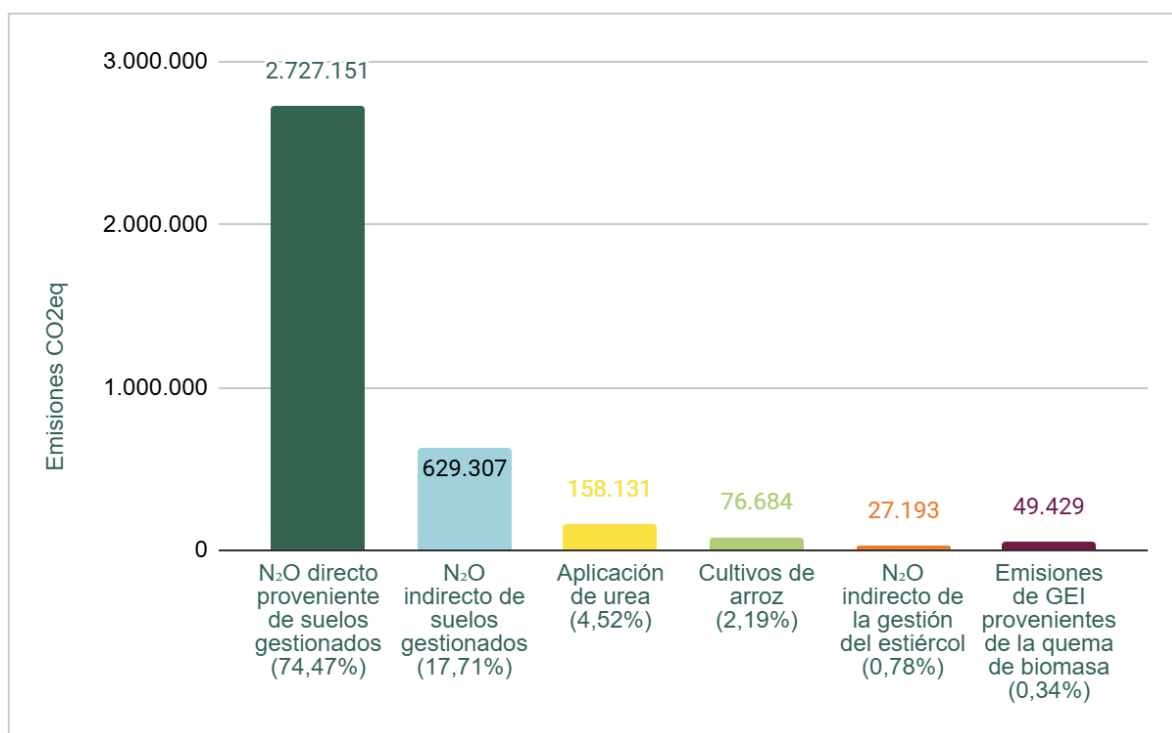


Gráfico 22: Distribución de GEI en fuentes agregadas y emisiones del suelo distintas al CO<sub>2</sub> (Santa Fe, 2022).

Fuente: Elaboración propia..

Tabla 18: Emisiones en fuentes agregadas y emisiones del suelo distintas al CO<sub>2</sub> (Santa Fe, 2022)

| Nro. Ref. GPC                                                                                           | Subcategoría de fuentes agregadas y emisiones del suelo distintas al CO <sub>2</sub> | Emisiones totales (ton CO <sub>2</sub> e) |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|
| V.3.1                                                                                                   | Quema de biomasa                                                                     | 49.429                                    |
| V.3.2                                                                                                   | Aplicación de Cal                                                                    | NE                                        |
| V.3.3                                                                                                   | Aplicación de urea                                                                   | 158.131                                   |
| V.3.4                                                                                                   | N <sub>2</sub> O directo proveniente de suelos gestionados                           | 2.727.151                                 |
| V.3.5                                                                                                   | N <sub>2</sub> O indirecto de suelos gestionados                                     | 629.307                                   |
| V.3.6                                                                                                   | N <sub>2</sub> O indirecto de la gestión del estiércol                               | 27.193                                    |
| V.3.7                                                                                                   | Cultivos de arroz                                                                    | 76.684                                    |
| <b>Resultado total subcategoría Fuentes agregadas y emisiones del suelo distintas al CO<sub>2</sub></b> |                                                                                      | <b>3.667.895</b>                          |

Fuente: Elaboración propia.

Se observa una gran variedad de categorías pertenecientes a este subsector. La de mayor aporte es “V.3.4. N<sub>2</sub>O directo proveniente de suelos gestionados”, con un 74,35% de influencia en el subsector. Esta categoría comprende dos subcategorías principales de este inventario de GEI:

- Emisiones de N<sub>2</sub>O de “V.3.4.c Directas Excretas En pasturas Bovinos de Carne”: 1.183.455 tCO<sub>2</sub>eq, representando el 3,39% del total provincial.
- Emisiones de N<sub>2</sub>O de “V.3.4.a Directas Fertilizantes sintéticos”: 529.412 tCO<sub>2</sub>eq, constituyendo el 1,52% del total de inventario.

Pese a no ser categorías principales, también se destaca el importante aporte de “V.3.4.b Directas Excretas En pasturas Bovinos Lecheros” (456.830 tCO<sub>2</sub>eq) y “Directas Residuos de Cosecha” (303.653 tCO<sub>2</sub>eq).

Otra actividad destacable es la de “V.3.5 Emisiones de óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) indirecto de suelos gestionados”. Las principales fuentes son: “V.3.5.cii Lixiviación de nitrógeno proveniente de excretas de bovinos de carne en pasturas” (133.139 tCO<sub>2</sub>eq), “V.3.5.ai Volatilización de nitrógeno procedente de fertilizantes sintéticos” (119.118 tCO<sub>2</sub>eq), “V.3.5.ci Volatilización de nitrógeno de excretas de bovinos de carne en pasturas” (118.346 tCO<sub>2</sub>eq).

En menor medida se observa el aporte de CO<sub>2</sub> por aplicación de urea (V.3.3) (4,31% del subsector); cultivos de arroz (V.3.7) (2,09%); Quema de biomasa (V.3.1) (1,35%) y N<sub>2</sub>O indirecto de la gestión del estiércol (V.3.6) (0,74%).

## **XII. INCORPORACIÓN Y OPORTUNIDADES DE MEJORA**

La Provincia de Santa Fe cuenta con un inventario correspondiente al año base 2016. A continuación se presentan las principales incorporaciones y las oportunidades de mejora identificadas en el análisis comparativo con el presente estudio (2022).

### **XII.I. Actualización metodológica**

Ambos inventarios adoptan la metodología IPCC para el cálculo. Sin embargo, en 2022 se incorporan los Refinamientos 2019 del IPCC, mientras que el antecedente se basó en la única versión disponible hasta ese momento (versión 2006). Esta actualización permitió ajustar las metodologías de estimación y, en consecuencia, contribuir a una mayor precisión en la estimación de emisiones. Adicionalmente, se introdujeron los factores de emisión tomados para los inventarios nacionales, actualizados al Primer Informe Bienal de Transparencia de la República Argentina a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático del año 2023. No obstante, estas diferencias metodológicas introdujeron variaciones en la disponibilidad y el tratamiento de datos, dificultando en algunos casos la comparación directa con el inventario preexistente.

Además, a requerimiento del equipo provincial, el inventario de 2022 adoptó el tipo de reporte del Protocolo Global de Emisiones (GPC), complementando la estructura del IPCC y facilitando el análisis por sectores urbanos y por alcances. Esto permite una mayor comparabilidad con inventarios municipales y facilita la identificación de oportunidades de reducción de emisiones en sectores de alta participación.

El análisis de las categorías principales es otra mejora introducida que permite identificar las fuentes de emisión y absorción preponderantes, priorizando aquellas que tienen mayor impacto en el balance de GEI de la provincia. Esta buena práctica internacional, reconoce qué categorías deben ser objeto de mejora continua en cuanto a métodos, datos y control de calidad. Además, el análisis aporta una base técnica sólida para definir estrategias de mitigación, orientar políticas públicas y focalizar acciones climáticas.

### **XII.II. Ampliación de la cobertura sectorial**

Este estudio cuenta con nuevas fuentes de información provinciales y nacionales, lo que permite segregar los resultados con un mayor nivel de resolución espacial y sectorial. Esto posibilitó incluir actividades previamente no estimadas, tales como:

## **I Energía estacionaria**

- Emisiones de alcance 2 por el uso de electricidad: Se incluye en este inventario, debido al nuevo enfoque metodológico aportado por el GPC, el aporte de emisiones por parte del uso de electricidad de la red eléctrica nacional, para todos los subsectores correspondientes.
- Emisiones de alcance 3 por pérdidas por transmisión y distribución del consumo de energía suministrada en red: Se estima el aporte de las pérdidas por transmisión y distribución de la energía eléctrica, asociadas al funcionamiento de la red nacional, para todos los subsectores correspondientes.
- Industrias energéticas: Se incluye una mayor desagregación de las emisiones de las industrias energéticas, ajustadas a los requerimientos metodológicos del GPC. Se agregan entonces emisiones asociadas a la energía auxiliar utilizada en producción de energía eléctrica, además de las mencionadas previamente (alcance 2 y 3). Por otra parte, se discriminan aquellas de alcance 1 ocasionadas por la generación de energía eléctrica inyectada a la red. Adicionalmente, se suman las emisiones provenientes de la energía utilizada en la fabricación de combustibles sólidos, puntualmente por la fabricación de carbón vegetal.
- Emisiones fugitivas de los sistemas de petróleo y gas natural: Se incorpora una estimación de las emisiones fugitivas de los sistemas de distribución de gas natural en la provincia.
- Emisiones fugitivas por fabricación de carbón vegetal: El inventario 2022 incluye esta fuente de emisión, que no había sido considerada en 2016.
- Factor de emisión nivel 2 para el Gas Natural: Se incorpora un factor de emisión específico para el territorio nacional para los consumos de Gas Natural y GNC.
- Consumo de leña en el sector comercial: Se incorpora esta fuente de emisión.

## **III Residuos**

- Incineración controlada de residuos sólidos: En el presente informe se agrega información respecto a las emisiones vinculadas a la incineración de residuos como método de tratamiento. Puntualmente, se estima el aporte de la actividad de quema de residuos hospitalarios.
- Residuos sólidos: Si bien ya se contemplaba la actividad en el informe preexistente, se agrega un mayor nivel de detalle a la obtención de los datos de actividad, pudiendo segregar las emisiones del sector por sitio de disposición final, exceptuando aquellos sitios no controlados, los cuales presentan valores totales para la provincia.
- Tratamiento y eliminación de aguas residuales: A partir de la incorporación de fuentes de información de carácter provincial, es posible desagregar más específicamente los tipos de tratamiento y eliminación existentes en el territorio, lo que permitió un mayor nivel de detalle en los cálculos.

## **IV IPPU - Procesos industriales y uso de productos**

- Uso de productos: Se incorpora la subcategorías de uso de productos no energéticos de combustibles y uso de solventes. Se estiman únicamente las emisiones asociadas al uso de lubricantes.

## **V AFOLU - Agricultura, silvicultura y otros usos del suelo**

- Quema de biomasa: Se introduce nueva información respecto a las Fuentes agregadas y emisiones procedentes de fuentes del suelo distintas al CO<sub>2</sub>. Particularmente, se agrega el cálculo referido a la quema de biomasa en las tierras forestales y en los pastizales. Además, a partir de los datos brindados por el equipo de inventario nacional, se estiman para este año los aportes por quema de biomasa por conversión de tierras forestales en tierras de cultivos y en pastizales.
- Estimación por emisiones y absorciones de dióxido de carbono asociadas al uso del suelo: Se incorporó el análisis de los cambios en las existencias de carbono de los distintos depósitos para las categorías de uso de suelo, al mismo nivel de detalle que se presenta a nivel nacional. La estimación de emisiones de GEI derivadas de los cambios en las existencias de carbono en tres depósitos (biomasa aérea, biomasa subterránea y carbono del suelo) se realizó para las permanencias y transiciones entre tierras forestales, tierras de cultivo y pastizales (exceptuando el carbono del suelo para tierras forestales que permanecen como tales).

## **XII.III. Limitaciones de información**

Se reconocen limitaciones de disponibilidad de información para poder estimar el aporte de categorías y actividades puntuales que fueron reconocidas en el inventario de 2016. Éstas se muestran a continuación.

### **I Energía estacionaria**

- Autogeneración de energía: No fue posible acceder a los anexos del Informe del Sector Eléctrico 2022, que disponen de la información referida a los consumos de combustibles para autogeneración de energía en el sector industrial.
- Refinación de petróleo: La imposibilidad de acceder a los documentos previamente mencionados, impidió el acceso a los datos de actividad de las refinerías que operan en la provincia.

### **III Residuos**

- Residuos sólidos: El inventario de 2016 aplicaba un método nivel 2- Descomposición de primer orden (FOD)- que debido a la falta de datos históricos de gestión de residuos en sitios gestionados no se incorpora.
- Aguas residuales industriales: No se incluye el cálculo de emisiones del tratamiento in situ de aguas residuales industriales, por falta de datos referidos a la producción de cada tipo de industria.

### **IV IPPU - Procesos industriales y uso de productos**

- Producción de vidrio: No se estima el aporte de producción de vidrio en industrias minerales por falta de datos de producción.

## **XII.IV. Oportunidades de mejora**

Si bien el inventario 2022 representa un avance significativo en términos de cobertura y precisión, se identifican oportunidades de mejora aplicables para futuros inventarios:

- Evaluación de la incertidumbre: Estimar la incertidumbre asociada a las categorías de fuentes y sumideros de GEI, los gases considerados, y los totales del inventario, así como las tendencias identificadas.
- Coherencia temporal: Realizar ajustes necesarios para garantizar la coherencia metodológica y de datos en todos los inventarios. El acceso a la herramienta de cálculo permitirá unificar criterios y poder gestionar una serie de emisiones temporalmente coherente.
- Garantía y control de calidad: Implementar auditorías externas o controles para validar la calidad de los datos y cálculos. Establecer protocolos de aseguramiento de la calidad alineados con las directrices del IPCC.
- Recopilación de datos:
  - Fortalecer la recopilación de datos para las categorías mencionadas en el apartado “XII.III. Limitaciones de información”.
  - Sistematizar los datos representativos de superficies de transición y permanencia del uso de suelo, con el fin de poder sumar los cálculos de las categorías de Uso del suelo, tal como se comentó previamente.
  - Mejorar la sistematización de fuentes de información provinciales para el inventario.
  - Diseñar un sistema riguroso de Gestión de Archivo para el almacenamiento de información, que permita la sostenibilidad del proceso de inventariado, incluyendo procedimientos claros respecto a los formatos, plazos y requisitos de archivado de documentos electrónicos y físicos.



## XIII.CONCLUSIONES

La elaboración del Inventario de Gases de Efecto Invernadero (GEI) de la provincia de Santa Fe correspondiente al año 2022 constituye un avance significativo en la construcción de políticas públicas basadas en evidencia para enfrentar el cambio climático a nivel subnacional. El proceso permitió actualizar la información disponible, incorporar mejoras metodológicas y consolidar un insumo de importancia para la planificación climática provincial, en línea con lo establecido por la Ley Provincial N° 14.019 de Acción Climática y con los compromisos internacionales asumidos por la Argentina.

Durante el año 2022, la provincia de Santa Fe emitió un total de 33.318.543 toneladas de dióxido de carbono equivalente (tCO<sub>2</sub>e), distribuidas entre los cinco grandes sectores contemplados por las directrices del IPCC: Agricultura, Silvicultura y Otros Usos de la Tierra (AFOLU), Energía, Transporte, Residuos e IPPU (Procesos Industriales y Uso de Productos). La desagregación por sector permite observar que las mayores contribuciones provienen de AFOLU (43,19%) y Energía (33,09%), seguidos por Transporte (13,76%), Residuos (7,09%) e IPPU (2,86%).

El sector AFOLU destaca por su peso relativo en el total provincial, en gran medida como resultado de las actividades ganaderas intensivas que caracterizan a la provincia. La fermentación entérica en bovinos de carne representa la categoría de mayor impacto individual, con un aporte equivalente al 20,22% del total de emisiones provinciales. Esta información refuerza la necesidad de trabajar en estrategias de mitigación específicas para el sector agropecuario, incluyendo mejoras en la eficiencia productiva, cambios en los regímenes de alimentación animal y promoción de prácticas regenerativas en el uso del suelo. Además de la ganadería, existe un importante aporte de emisiones por parte de la gestión del uso del suelo, ya que la variación del carbono en los depósitos contemplados implica la emisión del 4,90% del total informado en este estudio.

En segundo orden de impacto, se observa Energía estacionaria, que abarca tanto la combustión estacionaria en los sectores residencial, industrial y comercial, como el consumo de electricidad. La caracterización de las fuentes energéticas permitió identificar un alto nivel de dependencia de combustibles fósiles líquidos y gaseosos, con emisiones significativas en contextos urbanos e industriales. La incorporación de fuentes renovables y la mejora en la eficiencia energética se presentan como caminos posibles para reducir las emisiones en este sector.

El 13,76% de las emisiones se asocian a la movilidad. Se exhibe una fuerte actividad en el transporte automotor por carretera, tanto liviano como pesado. Este patrón de actividad, altamente dependiente del uso de vehículos particulares y del transporte de cargas por camión, sugiere la necesidad de políticas que fomenten el transporte público, la movilidad activa y el uso de medios menos contaminantes.

En cuanto al sector Residuos, el análisis revela que la disposición de residuos sólidos urbanos en sitios sin cobertura ni captura de biogás representa la principal fuente de emisiones. Se trata de una categoría con alto potencial de mejora a partir de intervenciones en la gestión integral de residuos, incluyendo la promoción

de la separación en origen, el compostaje y la captación de gases en sitios de disposición final.

Aunque con una participación menor en el total provincial (2,86%), IPPU incluye emisiones relevantes asociadas a algunos procesos puntuales de las industrias petroquímicas y de hierro y acero, así como al uso de lubricantes. La mejora en la eficiencia de procesos y la sustitución de productos de alto potencial de calentamiento global representan oportunidades de acción en este sector.

Una de las principales fortalezas del presente inventario radica en el análisis de las categorías principales de emisión. Es decir, aquellas que individualmente representan una proporción significativa del total provincial. Este análisis permitió identificar 15 categorías principales que en conjunto explican más del 85% de las emisiones, lo cual resulta clave para orientar los esfuerzos de mitigación de manera más eficiente y estratégica. Se implementaron mejoras metodológicas respecto del inventario precedente, entre las que se destaca la adopción de los Refinamientos 2019 del IPCC y del enfoque del Protocolo Global de Emisiones (GPC), que permitió estimaciones más precisas, mayor desagregación sectorial y espacial, y una clasificación por alcances que facilita el análisis comparativo y la identificación de oportunidades de mitigación. Además, se incorporaron nuevas fuentes de emisión previamente no estimadas, como las emisiones fugitivas de gas natural, el consumo de electricidad (alcance 2), las pérdidas por transmisión (alcance 3), actividades que implican quema de biomasa, la variación de carbono por el uso del suelo y una mayor desagregación en el tratamiento de residuos y aguas residuales, entre otros aspectos. Asimismo, se destaca el trabajo minucioso de validación y sistematización de los datos de actividad.

El proceso también evidenció ciertas limitaciones, principalmente vinculadas a la disponibilidad y accesibilidad de información clave. Algunas categorías no pudieron ser estimadas por falta de datos específicos, como la autogeneración de energía en el sector industrial, la producción de vidrio, o el tratamiento de aguas residuales industriales. Estas restricciones refuerzan la necesidad de fortalecer la sistematización y gestión de datos provinciales, así como de avanzar en la incorporación de protocolos de control de calidad, evaluación de incertidumbre y coherencia temporal entre ejercicios futuros. En este sentido, la entrega de herramientas y recomendaciones técnicas busca sentar las bases para una mejora continua en la elaboración de inventarios.

La construcción del inventario fue posible gracias a un trabajo articulado entre distintas áreas del Gobierno de la Provincia de Santa Fe. El Gabinete Provincial de Cambio Climático de la Provincia y la activa participación del Ministerio de Ambiente fueron un instrumento clave en la gestión de la información. Este proceso permitió recopilar y procesar grandes volúmenes de datos, fortalecer capacidades institucionales, fomentar la articulación interministerial y sensibilizar sobre la importancia de la planificación climática basada en evidencia.

Desde una perspectiva estratégica, el Inventario de GEI 2022 se consolida como una herramienta central para la actualización del Plan Provincial de Respuesta al Cambio Climático. Proporciona una línea base robusta desde la cual es posible establecer metas de reducción de emisiones, diseñar políticas sectoriales de mitigación, y establecer mecanismos de monitoreo, reporte y verificación (MRV)

de los avances. Constituye una base sólida para el acceso a financiamiento climático, ya que permitiría justificar inversiones orientadas a la aplicación de políticas y proyectos verdes que contribuyan a reducir los aportes de GEI mediante la transición energética, la mejora de sistemas de transporte, la gestión de residuos y la transformación del sistema agroproductivo.

En definitiva, el presente informe es un insumo técnico de alto valor para la provincia de Santa Fe. Cuantifica las emisiones actuales y orienta el camino hacia un desarrollo más sustentable, justo y resiliente. La continuidad en la actualización periódica del inventario, la profundización de la calidad de los datos y la consolidación de sistemas de información científico-climática provinciales, serán importantes para seguir avanzando hacia una planificación integral y ambiciosa.

## XIV. BIBLIOGRAFÍA

- Dirección Nacional de Agricultura. (s.f.). *Datos abiertos de estimaciones agrícolas*. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación. [datos.magyp.gob.ar/dataset/estimaciones-agricolas](https://datos.magyp.gob.ar/dataset/estimaciones-agricolas)
- Ente Nacional Regulador del Gas (ENARGAS). (s.f.). *Datos operativos del sistema de transporte y distribución de gas natural*. Secretaría de Energía de la Nación. [www.enargas.gob.ar/secciones/transporte-y-distribucion/datos-operativos](https://www.enargas.gob.ar/secciones/transporte-y-distribucion/datos-operativos)
- Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC). (2021). *Quinto informe de evaluación del IPCC: Cambio climático 2021*. [www.ipcc.ch/report/ar5/syr/](https://www.ipcc.ch/report/ar5/syr/)
- ICLEI, WRI, & C40 Cities. (2014). *Protocolo global para inventarios de emisiones de gases de efecto invernadero a Escala Comunitaria (GPC) - Estándar de contabilidad y reporte para ciudades*. [ghgprotocol.org/ghg-protocol-cities](https://ghgprotocol.org/ghg-protocol-cities)
- Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. (2022). *Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas 2022*. [www.indec.gob.ar/indec/web/](https://www.indec.gob.ar/indec/web/)
- Instituto Petroquímico Argentino. (2022). *Anuario de información estadística. Edición 44*. [www.ipa.org.ar/anuario-edicion-44/](https://www.ipa.org.ar/anuario-edicion-44/)
- IPCC. (2006). *2006 Directrices del IPCC para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero*. Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. [www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/](https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/)
- IPCC. (2019). *2019 Refinamiento de las Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero*. Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. [www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2019rf/](https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2019rf/)
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2022). *Anuario de estadística forestal 2022*. Dirección de Bosques, Programa Nacional de Estadística Forestal. [www.argentina.gob.ar/ambiente/bosques/estadistica-forestal](https://www.argentina.gob.ar/ambiente/bosques/estadistica-forestal)
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2022). *Primer informe bienal de transparencia de la República Argentina a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*. Gobierno de la Nación Argentina. [unfccc.int/sites/default/files/resource/IBT1%20Argentina\\_2024](https://unfccc.int/sites/default/files/resource/IBT1%20Argentina_2024)
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sustentable. (2005). *Primer inventario nacional de bosques nativos*. [www.argentina.gob.ar/sites/default/files/inventario.pdf](https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/inventario.pdf)
- Ministerio de Economía de la Nación Argentina. (2023). *Perfil productivo de la provincia de Santa Fe*. Subsecretaría de Programación Regional y Sectorial. [www.argentina.gob.ar/sites/default/files/prov\\_santa\\_fe\\_2023.pdf](https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/prov_santa_fe_2023.pdf)
- Secretaría de Energía de la Nación Argentina. (2023). *Balance energético nacional 2022 (BEN)*. Ministerio de Economía. [datos.gob.ar/fr/dataset/energia-balances/archivo/energia](https://datos.gob.ar/fr/dataset/energia-balances/archivo/energia)
- Secretaría de Energía de la Nación. (s.f.). *Tablas Dinámicas SESCO*. Sistema de Estadísticas Sectoriales de Combustibles. [www.energia.gob.ar/contenidos/](https://www.energia.gob.ar/contenidos/)

# ANEXO A: METODOLOGÍA

## A.I. Energía estacionaria

Los sistemas energéticos dependen principalmente de la combustión de combustibles fósiles. Este proceso convierte los combustibles en dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y agua (H<sub>2</sub>O), liberando energía química en forma de calor, el cual se utiliza para la generación de electricidad o como fuerza motriz en el transporte. Según el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés), la quema de combustible se define como “la oxidación intencional de materiales dentro de un aparato diseñado para suministrar calor o trabajo mecánico a un proceso, o para utilizar fuera del aparato” (IPCC, 2006).

La categorización de emisiones del sector se realizó siguiendo el Protocolo Global para Inventarios de Emisión de GEI a Escala Comunitaria (GPC), agrupando las emisiones en Alcances:

*Tabla 19: Reporte de emisiones del sector Energía estacionaria según el marco de alcances (GPC).*

| Alcance 1                                                                                                | Alcance 2                                                                                                     | Alcance 3                                                                                            |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Emisiones procedentes de la quema de combustible y las emisiones fugitivas dentro de los límites.</i> | <i>Emisiones procedentes del consumo de energía, vapor, calefacción y refrigeración suministrados en red.</i> | <i>Pérdidas de distribución de energía, vapor, calefacción y refrigeración suministrados en red.</i> |

*Fuente: Protocolo Global para Inventarios de Emisión de Gases de Efecto Invernadero a Escala Comunitaria (GPC).*

En este inventario no se contabilizan las emisiones de CO<sub>2</sub> por la quema de biomasa, aunque sí se incluyen las emisiones de CH<sub>4</sub> asociadas a su combustión. Además, se tienen en cuenta las emisiones originadas por los combustibles para la generación de electricidad en las centrales del territorio provincial.

La metodología para el cálculo de las emisiones del sector de Energía estacionaria, para los distintos gases de efecto invernadero, se vincula con la ecuación 2.2 del Volumen 2 “Energía estacionaria” de las Directrices del IPCC del año 2006, la cual representa la sumatoria de las emisiones correspondientes a una actividad determinada, asociada al consumo de cada tipo de combustible (gas natural, gas oil, fuel oil, etc.). Para el subsector de “1.4 Industrias de energía” se sumó a esta ecuación fundamental, el factor de tipo de tecnología (no determinada, turbina de vapor, turbina de gas, ciclo combinado y combustión interna).

$$Emisión = \sum_a Volumen\ de\ combustible_a * Factor\ de\ emisión_a * GWP(g)$$

Donde,

$a$ : tipo de combustible

---

$GWP(g)$ : potencial de calentamiento global para cada gas de efecto invernadero.

---

En la mayoría de los casos, se utilizó el Nivel 1 de cálculo que indica que se utilizaron los factores de emisión por defecto, provenientes del Volumen 2 del IPCC 2006. En cambio, en el caso particular de la electricidad y el gas natural, se utilizaron factores nacionales específicos. Por lo tanto, en estos dos casos, se alcanzó un Nivel 2 de cálculo, utilizando la misma ecuación que en el Nivel 1 pero con los factores específicos.

## **A.I.7. Emisiones fugitivas**

### **I.7 Emisiones fugitivas provenientes de la minería, el procesamiento, el almacenamiento y el transporte de carbón**

Las emisiones fugitivas asociadas a la producción de carbón vegetal se originan por la liberación de metano ( $CH_4$ ) presente en el material carbonoso durante el proceso de carbonización. Estas fueron estimadas utilizando un enfoque de Nivel 1, aplicando los factores de emisión por defecto establecidos en las Directrices del IPCC 2006 (Volumen 2, Capítulo 4), ante la falta de datos específicos.

### **I.8 Emisiones fugitivas provenientes de los sistemas de petróleo y gas natural**

Durante la distribución de gas natural pueden producirse fugas no intencionales de metano ( $CH_4$ ) a lo largo de la red de transporte y distribución. Las emisiones correspondientes se estimaron a partir de los volúmenes totales distribuidos, que abarcan todo el gas consumido en energía estacionaria, y se calcularon utilizando los factores de emisión por defecto del IPCC 2006, bajo un enfoque metodológico de Nivel 1.

## **A.II. Transporte**

El sector Transporte genera emisiones directas de dióxido de carbono ( $CO_2$ ), metano ( $CH_4$ ) y óxidos de nitrógeno ( $N_2O$ ) como resultado de la combustión de combustibles fósiles, así como emisiones indirectas derivadas del consumo de electricidad en vehículos eléctricos. Además, contribuye a la contaminación

atmosférica con otros contaminantes como monóxido de carbono (CO), compuestos orgánicos volátiles distintos del metano (COVDM), dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), material particulado (PM) y óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>).

La cuantificación y asignación de las emisiones del Transporte depende de los datos disponibles y los objetivos del inventario. Existen diversos métodos de modelado y planificación, los cuales varían en sus límites del sistema, es decir, en la manera en que los datos pueden atribuirse a un área geográfica específica y al marco de alcances definido por el GPC.

Para la estimación de emisiones de este sector se adoptó un enfoque descendente, basado en las ventas de combustible dentro del territorio provincial. Este método se fundamenta en la premisa de que el combustible vendido es un indicador de la actividad de transporte local y permite calcular las emisiones de CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O a partir del consumo registrado.

Este enfoque implica que las emisiones de este sector se asignan en alcance 1, sin incluir emisiones de desplazamientos transfronterizos de alcance 3. Las emisiones de alcance 2 debidas al consumo de electricidad y de alcance tres por las pérdidas por transmisión y distribución asociadas a éstas, se incluyen en el sector Energía estacionaria, Edificios e instalaciones comerciales e institucionales, por falta de desagregación de los datos de actividad.

La Tabla 20 presenta la categorización de emisiones del sector en alcances, siguiendo el Protocolo Global para Inventarios de Emisiones de GEI a Escala Comunitaria (GPC).

*Tabla 20: Reporte de emisiones del sector Transporte según el marco de alcances (GPC).*

| Alcance 1                                                                                                                                                                | Alcance 2                                                                                              | Alcance 3                                                                                                                                                                                 |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Emisiones de transporte que ocurren físicamente dentro de la provincia, e incluyen desplazamientos por carretera, ferrocarril, vías marítimas y transporte aéreo.</i> | <i>Emisiones indirectas por el uso de electricidad en vehículos eléctricos dentro de la provincia.</i> | <i>Emisiones indirectas asociadas a desplazamientos transfronterizos que ocurren fuera del territorio provincial, así como pérdidas en la transmisión y distribución de electricidad.</i> |

*Fuente: Protocolo Global para Inventarios de Emisión de Gases de Efecto Invernadero a Escala Comunitaria (GPC).*

La metodología sigue el procedimiento estándar de multiplicar los datos de actividad (cantidad de combustible vendido) por los factores de emisión específicos de cada tipo de combustible:

*Ecuación 3: Emisiones totales del Transporte por gas de efecto invernadero*

$$Emisión = \sum_a Volumen\ de\ combustible_a * Factor\ de\ emisión_a * GWP\ (g)$$

El método descendente es ampliamente utilizado en inventarios de GEI debido a su disponibilidad de datos y facilidad de aplicación. Sin embargo, a medida que se disponga de información más detallada, puede complementarse con metodologías ascendentes que permitan evaluar con mayor precisión patrones de movilidad y medidas de mitigación.

### **A.III.Residuos**

El sector incluye las emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>) y óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) derivadas de la “III.1 Gestión de residuos sólidos” y del “III.4 Tratamiento y vertido de aguas residuales”. En el caso de los residuos sólidos, las emisiones se pueden generar por la disposición en rellenos sanitarios y sitios no controlados, el tratamiento biológico (III.2), la incineración y la quema a cielo abierto (III.3). Por otro lado, el tratamiento y eliminación de efluentes también constituye una fuente significativa de gases de efecto invernadero, principalmente a través de procesos de descomposición anaeróbica.

La Tabla 21 presenta la categorización de emisiones del sector en alcances, siguiendo el Protocolo Global para Inventarios de Emisiones de GEI a Escala Comunitaria (GPC).

*Tabla 21: Reporte de emisiones del sector Residuos según el marco de alcances (GPC).*

| Alcance 1                                                                                                  | Alcance 2                                  | Alcance 3                                                                                   |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Emisiones de residuos tratados dentro de los límites establecidos, independientemente de su origen.</i> | <i>No aplicable al sector de residuos.</i> | <i>Emisiones de residuos generados en el territorio pero tratados fuera de sus límites.</i> |

*Fuente: Protocolo Global para Inventarios de Emisión de Gases de Efecto Invernadero a Escala Comunitaria (GPC).*

Las emisiones de los residuos se enmarcan dentro del Alcance 1, dado que no se registran emisiones correspondientes a los Alcances 2 y 3 dentro de la provincia. Para los residuos sólidos, se estimaron las emisiones generadas por su disposición en rellenos sanitarios y basurales, así como por la incineración controlada de residuos hospitalarios. No obstante, las emisiones asociadas al tratamiento biológico y de quema a cielo abierto no fueron consideradas debido a la falta de datos centralizados.

Para estimar las emisiones de GEI en el sector residuos, se aplica la metodología general basada en la multiplicación de datos de actividad (DA) por factores de emisión (FE). Sin embargo, debido a las diferencias en los métodos de disposición y tratamiento de residuos (sitios de disposición final, incineración y aguas residuales), se presentan ajustes específicos para cada caso, los cuales se detallan por separado.



### A.III.1 Sitios de disposición final: Rellenos sanitarios y vertederos (Modelo de compromiso de metano)

Las emisiones de metano ( $\text{CH}_4$ ) de los vertederos continúan durante varias décadas después de la eliminación de residuos. De esta manera, los residuos dispuestos en un año determinado, contribuyen a las emisiones de GEI en ese año y en los años posteriores. Siguiendo esta lógica, las emisiones de metano liberadas en un vertedero incluyen las emisiones de ese año más las de los años anteriores. Por esta razón, las Directrices 2006 del IPCC proporcionan dos métodos para la estimación de emisiones de metano: la descomposición de primer orden (FOD) y el compromiso de metano (MC).

En los cálculos del presente informe se seleccionó el modelo de MC (Nivel 1) en lugar del modelo FOD. Esto se debe a que en Santa Fe no hay disponibilidad de datos históricos en relación a los volúmenes de residuos ingresados a los sitios de disposición final. Si bien el método FOD proporciona una estimación más precisa al distribuir las emisiones a lo largo del tiempo según la degradación progresiva de la materia orgánica, requiere información detallada sobre la disposición histórica de residuos.

El modelo MC, en cambio, se basa en la cantidad de residuos dispuestos durante el año de inventario, sin necesidad de registros históricos previos. Si bien este enfoque puede sobreestimar las emisiones a corto plazo al no reflejar la progresiva degradación del carbono orgánico, resulta más adecuado en contextos donde los datos históricos son limitados. Además, permite evaluar de manera más directa el impacto de las emisiones generadas en el año de análisis y facilita la coherencia con el resto del inventario de emisiones.

Las emisiones asociadas a los residuos sólidos enviados a los rellenos sanitarios de la provincia durante el año de estudio, se calcularon de la siguiente manera:

*Ecuación 4: Emisiones de metano proveniente de los sitios de disposición final*

$$\text{Emisiones de } \text{CH}_4 = \text{RSU}_X * L_0 * (1 - f_{rec}) * (1 - \text{OX})^8$$

---

<sup>8</sup> Estimación del compromiso de metano para residuos sólidos enviados al vertedero

Donde,

$E_{CH_4}$ : emisiones totales de CH<sub>4</sub> en toneladas métricas (computado)

$RSU_x$ : masa de residuos sólidos enviada al vertedero en el año de inventario, medida en toneladas métricas (DA)

$L_o$ : potencial de generación de metano (FE)\*<sup>9</sup>

$f_{rec}$ : fracción de metano recuperado en el vertedero (quema o con recuperación de energía) (0)

$OX$ : factor de oxidación

0,1 para los vertederos correctamente regulados

0 para los vertederos no regulados

*Ecuación 5: Ecuación de cálculo del Potencial de generación de metano ( $L_o$ )*

$$L_o = MCF * DOC * DOC_F * F * 16/12$$

Donde,

$L_o$ : potencial de generación de metano

$RSU_x$ : masa de residuos sólidos enviada al vertedero en el año de inventario, medida en toneladas métricas (DA)

$MCF$ : factor de corrección de metano en función del tipo de vertedero para el año de deposición (regulado, no regulado, etc., fracción)

$DOC$ : carbono orgánico degradable en el año de la deposición, la fracción (ton C/ ton de residuos)

$DOC_F$ : fracción del COD que se degrada finalmente (refleja el hecho de que parte del carbono orgánico no se degrada)

$F$ : fracción de metano en el gas del vertedero

$16/12$ : relación estequiométrica entre el metano y el carbono

**\*\*Carbono orgánico degradable (DOC):** representa la fracción degradable de carbono en los residuos y se calcula como un porcentaje ponderado según la composición del flujo de desechos. La siguiente ecuación estima el DOC utilizando valores predeterminados del contenido de carbono para cada tipo de residuo:

*Ecuación 6: Ecuación de cálculo de Carbono orgánico degradable (DOC)*

$$DOC = 0.15 * a + 0.2 * b + 0.4 * c + 0.43 * d + 0.24 * e + 0.15 * f$$

<sup>9</sup> \*El potencial de generación de metano ( $L_o$ ) es un factor de emisión que especifica la cantidad de CH<sub>4</sub> generado por tonelada de residuo sólido.

Donde,

|                                                                                                       |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>a</i> : Fracción de los residuos sólidos que son alimentos                                         |
| <i>b</i> : Fracción de los residuos sólidos que son residuos de jardinería y otros residuos vegetales |
| <i>c</i> : Fracción de los residuos sólidos que es papel                                              |
| <i>d</i> : Fracción de los residuos sólidos que es madera                                             |
| <i>e</i> : Fracción de los residuos sólidos que es tela                                               |
| <i>f</i> : Fracción de los residuos sólidos que es residuo industrial                                 |

### **A.III.3 Incineración y quema a cielo abierto**

Las emisiones de CO<sub>2</sub> derivadas de la incineración de residuos se estiman a partir de la masa total de residuos incinerados, el contenido de carbono total en los desechos y la fracción de carbono de origen fósil. En contraste, las emisiones de CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O dependen principalmente de la tecnología de incineración y las condiciones operativas del proceso.

Para una correcta cuantificación de estas emisiones, es necesario identificar:

- Cantidad total de residuos incinerados, diferenciando aquellos generados dentro de la jurisdicción de los provenientes de otras comunidades.
- Tipo de tecnología utilizada y sus condiciones operativas, ya que influyen en la eficiencia de combustión y la formación de contaminantes.
- Eficiencia de transformación de energía, en caso de que la incineración incluya recuperación energética.

Para el presente inventario se estiman únicamente las emisiones asociadas a la incineración de residuos hospitalarios.

#### **Emisiones de CO<sub>2</sub> no biogénico provenientes de la incineración de residuos hospitalarios**

*Ecuación 7: Emisiones de CO<sub>2</sub> no biogénico*

$$Emisiones\ de\ CO_2 = m * dm * CF * FCF * OF * (44/12)$$

Donde,

*Emisiones de CO<sub>2</sub>*: Emisiones totales de CO<sub>2</sub> provenientes de la incineración de residuos hospitalarios en toneladas

*m* : masa de residuos incinerados (ton)

*dm*: contenido de materia seca

*CF* : fracción de carbono de la materia seca

*FCF* : fracción de carbono fósil en el componente de carbono total

*OF* : factor o fracción de oxidación

### **A.III.4 Tratamiento y vertido de aguas residuales**

El tratamiento de aguas residuales puede realizarse en condiciones aeróbicas (con oxígeno) o anaeróbicas (sin oxígeno). Los procesos anaeróbicos generan metano (CH<sub>4</sub>), mientras que, tanto los aeróbicos como los anaeróbicos emiten óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) debido a la nitrificación y desnitrificación del nitrógeno presente en las aguas servidas. El CO<sub>2</sub> liberado en estos procesos es de origen biogénico y no se incluye en los alcances del inventario.

La sección abarca el tratamiento de las aguas residuales domésticas (III.4.1.a) que provienen de los efluentes que se originan en los hogares (duchas, lavaderos, descarga de aguas grises y otros desagües). Por otro lado, las aguas residuales industriales se generan exclusivamente en procesos productivos. Estas emisiones no fueron estimadas específicamente debido a la falta de datos sobre el tratamiento de efluentes industriales in situ. Para estimar el aporte de las aguas residuales industriales (III.4.1.b) se aplicó un factor que considera que éstas se descargan en la red de desagües.

Los sistemas centralizados de tratamiento de aguas servidas involucran diferentes procesos. Pueden incluir desde lagunas de estabilización hasta tecnologías más avanzadas, llevándose a cabo en condiciones aeróbicas (con presencia de oxígeno) o anaeróbicas (sin oxígeno). Los sistemas registrados en Santa Fe al año de estudio fueron: plantas de tratamiento centralizado aeróbico (mal operadas), sistemas sépticos, letrinas, cloacas estancadas, plantas de tratamiento centralizado aeróbico (bien operadas) y descarga directa en cuerpos de agua.

Para calcular las emisiones de CH<sub>4</sub> en el tratamiento de aguas residuales, se consideran los siguientes factores:

- Volumen total de aguas residuales generadas.
- Método de tratamiento aplicado, incluyendo vertidos directos en cuerpos de agua.
- Contenido orgánico degradable, estimado en función de la población atendida y la composición del agua residual.

- Cantidad de metano recuperado (si aplica).

La degradabilidad de la materia orgánica varía según la fuente del agua residual y el tratamiento empleado, lo que influye en el factor de emisión. Para la estimación de emisiones de CH<sub>4</sub>, se aplica la ecuación correspondiente según las Directrices del IPCC:

### Generación de CH<sub>4</sub> proveniente del tratamiento de aguas residuales

*Ecuación 8: Emisiones de metano provenientes del tratamiento de las aguas residuales*

$$Emisiones\ de\ CH_4 = \sum_i [(TOW_i - S_i) * EF_i - R_i] * 10^{-3}$$

Donde,

*Emisiones de CH<sub>4</sub>*: emisiones totales de CH<sub>4</sub> en toneladas métricas

*TOW<sub>i</sub>*: contenido orgánico total en las aguas residuales\*  
BOD para aguas domésticas (kg BOD/año)<sup>10</sup>

*S<sub>i</sub>*: materia orgánica eliminada en forma de lodo

*EF<sub>i</sub>*: factor de emisión de CH<sub>4</sub> por unidad de materia orgánica\*

*R<sub>i</sub>*: CH<sub>4</sub> recuperado

*i*: Para aguas residuales domésticas: grupo de ingresos para cada tratamiento de aguas residuales y sistema de tratamiento

\*Contenido orgánico y factores de emisión en las aguas residuales domésticas

*Ecuación 9: Contenido orgánico total en las aguas residuales*

$$TOW_i = P * BOD * I * 365$$

<sup>10</sup> Demanda bioquímica de oxígeno (Biochemical Oxygen Demand, BOD): la concentración de BOD indica solo la cantidad de carbono que es biodegradable en condiciones aerobias. La medición estándar para BOD es una prueba de 5 días, que se denota como BOD5. El término "BOD" en este capítulo se refiere a la BOD5.

Ecuación 10: Ecuación para el cálculo del factor de emisión de CH<sub>4</sub> por unidad de mo.

$$EF_j = B_o * MCF_j * U_i * T_{ij}$$

Donde,

$TOW_i$ : para las aguas residuales domésticas: compuestos orgánicos

$P$ : población de la ciudad en el año de inventario (persona)

$BOD$ : BOD per cápita (g/persona/día)

$I$ : factor de corrección para la BOD industrial adicional vertidas en el desagüe. Valor predeterminado: 1,25 para la recogida de aguas residuales, y 1,00 para las no reguladas.

$EF_j$ : factor de emisión para cada sistema de tratamiento y manejo

$B_o$ : capacidad máxima de producción de CH<sub>4</sub>

$MCF_j$ : factor (fracción) de corrección de metano

$U_i$ : fracción de la población en el grupo de ingreso i en el año de inventario

$T_{ij}$ : grado de utilización (relación) del sistema o vía de tratamiento/descarga.

El factor de corrección  $I$  permite incluir las aguas residuales industriales dentro del tratamiento de efluentes domésticos, entendiendo que este tipo de aguas se vierten a los colectores cloacales. El presente estudio no estima las emisiones por aguas industriales in situ por falta de datos.

### Emisiones indirectas de N<sub>2</sub>O provenientes de efluentes de aguas residuales

Ecuación 11: Emisiones indirectas de N<sub>2</sub>O provenientes de efluentes de aguas residuales

$$Emisiones\ de\ N_2O = [(P * Proteína * F_{NPR} * F_{NON-CON} * F_{IND-COM}) - N_{LODO}] * EF_{EFLUENTE} * 44/28 * 10^{-3}$$

Donde,

$Emisiones\ de\ N_2O$ : total de emisiones de N<sub>2</sub>O en toneladas

$P$ : población total servida por la planta de tratamiento de aguas

$Proteína$ : consumo anual per cápita de proteínas, en kg/persona/año

$F_{NON-CON}$ : factor de ajuste para la proteína no consumida. (1,1)

$F_{NPR}$ : fracción de nitrógeno en proteínas. 0,16, kg N/kg de proteína

---

$F_{IND-COM}$ : factor para proteínas industriales y comerciales co-vertida en el sistema de desagüe (1,25)

---

$N_{LODO}$ : nitrógeno eliminado con lodos,  
kg N/año valor predeterminado (0)

---

$EF_{EFLUENTE}$ : factor de emisión para las emisiones de N<sub>2</sub>O de la descarga a las aguas residuales en N<sub>2</sub>O-N por kg N<sub>2</sub>O (0,005)

---

44/28: conversión de kg de N<sub>2</sub>O-N a kg N<sub>2</sub>O

---

## **A.IV.Procesos industriales y uso de productos (IPPU)**

El sector de Procesos Industriales y Uso de Productos (IPPU) comprende las emisiones de GEI generadas por reacciones químicas propias de los procesos productivos, el uso de productos que liberan GEI durante su vida útil y los usos no energéticos de los combustibles fósiles. Estas emisiones incluyen CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, HFC y PFC, dependiendo del proceso involucrado.

Se identificó la existencia de actividades pertenecientes a las Industrias del metal (IV.1.3) e Industrias químicas (IV.1.2) y se tomaron datos por el Uso de productos lubricantes (IV.2.1). No obstante, pese a que se reconoce la existencia de Producción de vidrio en la provincia, no fue posible estimar el aporte de las industrias minerales, debido a la ausencia de datos de producción.

En cuanto a lo metodológico, se consideraron únicamente las emisiones de Alcance 1, es decir, aquellas derivadas de procesos industriales dentro de la provincia. Por otro lado, las emisiones de alcance 2, se asocian al consumo de electricidad en instalaciones industriales. Estas emisiones fueron reportadas en el sector de Energía Estacionaria, particularmente dentro de la categoría Industria Manufacturera y Construcción (I.3.2).

Además, se estableció el criterio de asignar a IPPU las emisiones derivadas de la quema de combustibles empleados como materia prima. Asimismo, las emisiones resultantes del calor generado en los procesos intrínsecos de la industria se reportan en este sector y no en el de energía.

La metodología para estimar las emisiones provenientes de este sector sigue la forma general basada en la multiplicación de datos de actividad (DA) por factores de emisión (FE) para cada gas. Se menciona que, en este caso, las ecuaciones para el cálculo presentan variaciones por tipo de GEI, por lo que se distinguen en cada apartado. A continuación se presentan las metodologías específicas por industria y tipo de producto, teniendo en cuenta los ajustes para cada subsector.

### A.IV.1.2 Industrias químicas: petroquímica y negro de humo

El sector comprende la producción de diversos compuestos orgánicos e inorgánicos, generando emisiones de CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y otros GEI. En Santa Fe, solo se reportan emisiones de la Industria petroquímica y la producción de negro de humo, ya que no existen otras actividades como la fabricación de amoníaco (IV.1.2.a) o ácido nítrico (IV.1.2.b).

La industria petroquímica emplea combustibles fósiles (gas natural, petróleo y carbón) y derivados de refinería (p. ej., nafta) como materia prima. En este inventario, se estiman las emisiones derivadas de la producción de anhídrido ftálico, caucho estireno-butadieno, estireno, etilbenceno, etileno y metanol. También se incluye el negro de humo, que, aunque no es un producto petroquímico, utiliza insumos de este origen en su proceso de fabricación.

#### Emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>)

La metodología utilizada para el cálculo de emisiones de CO<sub>2</sub> para cada producto químico se basa en el nivel 1 de cálculo de las Directrices del IPCC 2006 (ecuación 3.15 del capítulo 3, volumen 3):

*Ecuación 12: Emisiones de CO<sub>2</sub> por producto químico*

$$ECO_{2i} = PP_i * FE_i * \frac{GAF}{100}$$

Donde,

---

*ECO<sub>2i</sub>*: emisiones de CO<sub>2</sub> de la producción de la sustancia petroquímica *i* (ton).

---

*PP<sub>i</sub>*: producción anual de la sustancia petroquímica primaria *i* (ton).

---

*FE<sub>i</sub>*: factor de emisión de CO<sub>2</sub> para la sustancia petroquímica *i* (ton CO<sub>2</sub>/ton sustancia).

---

*GAF*: factor de ajuste geográfico (%), aplicado para reflejar la variabilidad regional en la eficiencia energética de los fraccionadores de vapor. Este factor solo se aplica a la producción de etileno y, según las Directrices del IPCC 2006, para Sudamérica es del 110%.

---

Las únicas sustancias que generan emisiones de CO<sub>2</sub> en este contexto son el metanol y el etileno, por lo que el cálculo se realizará exclusivamente para ellas.

#### Emisiones de metano (CH<sub>4</sub>)

Para las emisiones de CH<sub>4</sub>, también se emplea el método de nivel 1. Estas emisiones pueden ser fugitivas (procedentes de bridas, válvulas, etc.) o derivadas de venteos (combustión incompleta de gases residuales en antorchas o sistemas de recuperación de energía). Los cálculos se basan en las ecuaciones 3.24 y 3.25 del capítulo 3, volumen 3 de las Directrices del IPCC 2006:



$$ECH_{4,fugitivas,i} = \sum_i PP_i * FEf_i$$

$$EHC_{4,venteos,i} = \sum_i PP_i * FEp_i$$

Donde,

$ECH_{4,fugitivas,i}$ : emisiones fugitivas de CH<sub>4</sub> de la producción del producto petroquímico <sub>i</sub> (kg)

$EHC_{4,venteos,i}$ : emisiones de CH<sub>4</sub> de venteo de proceso de la producción del producto petroquímico <sub>i</sub> (kg)

$PP_i$ : producción anual de la sustancia petroquímica primaria <sub>i</sub> (ton)

$FEf_i$ : factor de emisión de CH<sub>4</sub> fugitivo para la sustancia petroquímica <sub>i</sub> (kg CH<sub>4</sub>/ ton sustancia <sub>i</sub>)

$FEp_i$ : factor de emisión de CH<sub>4</sub> de los venteos del proceso para la sustancia petroquímica <sub>i</sub> (kg CH<sub>4</sub>/ ton sustancia <sub>i</sub>)

### **A.IV.1.3 Industrias metalúrgicas: hierro y acero**

El sector metalúrgico constituye un foco de emisiones industriales relevante, dado que sus procesos requieren grandes cantidades de energía y carbono para la transformación del mineral de hierro en productos de acero.

Para el cálculo de emisiones de CO<sub>2</sub> en la producción de hierro y acero, se aplicó el método de Nivel 1, que consiste en multiplicar los factores de emisión por defecto por los datos de producción provincial. Según las Directrices del IPCC, es recomendable distinguir la fracción de acero producida por cada tecnología de fabricación (hornos básicos de oxígeno - BOF, hornos de arco eléctrico - EAF y hornos de solera - OHF). En Santa Fe, la producción de acero se realiza exclusivamente en hornos de arco eléctrico (EAF), por lo que la ecuación se simplifica de la siguiente manera:

$$Hierro\ y\ acero = EAF * FE_{EAF}$$

Donde,

$EA_F$ : producción de acero crudo en hornos de arco eléctrico (toneladas).

---

$FE_{EA_F}$ : factor de emisión asociado a este proceso.

---

Adicionalmente, se calculó por separado la producción de hierro reducido directo (DRI), utilizando la siguiente ecuación:

*Ecuación 16: Cálculo de emisiones provenientes de la producción de hierro DRI*

$$\text{Hierro reducido directo} = E_{CO_2 - \text{No energía}} = DRI * FE_{DRI}$$

Donde,

$DRI$ : producción de hierro reducido directo (toneladas).

---

$FE_{DRI}$ : factor de emisión correspondiente al proceso.

---

#### **A.IV.2.1 Uso de productos: uso de lubricantes**

En el presente inventario se estiman las emisiones sin combustión asociadas al uso de lubricantes. Para ello, se eligió un método de nivel 1 que permite calcular el CO<sub>2</sub> emitido a partir de la ecuación 5.2 del volumen 3, capítulo 5 de las directrices del IPCC de 2006.

*Ecuación 17: Cálculo de emisiones sin combustión, asociadas al uso de lubricantes*

$$CO_2 \text{ emisiones} = LC * CC_{\text{lubricante}} * ODU_{\text{lubricante}} * 44/12$$

Donde,

$LC$ : consumo total de lubricantes.

---

$CC_{\text{lubricante}}$ : contenido de carbono de los lubricantes.

---

$ODU_{\text{lubricante}}$ : factor ODU (basado en la composición por defecto de aceites y grasas), fracción

---

$44/12$ : cociente de masa del CO<sub>2</sub>/C.

---

#### **A.V.Agricultura, silvicultura y cambio de uso del suelo (AFOLU)**

El sector Agricultura, Silvicultura y Otros Usos de la Tierra (AFOLU) abarca un conjunto de actividades que inciden directamente sobre los flujos y reservorios de carbono, así como sobre la emisión de otros gases de efecto invernadero (GEI) en los ecosistemas terrestres. A diferencia de otros sectores, AFOLU puede funcionar tanto como fuente como sumidero neto de GEI, dependiendo de las

prácticas de manejo aplicadas en el suelo, la biomasa y los sistemas productivos asociados.

Para su análisis y reporte, las emisiones y absorciones del sector AFOLU se organizan en tres grandes categorías: “V.1 Ganadería”, “V.2 Uso y cambios de uso del suelo” y “V.3 Fuentes agregadas y de emisiones distintas al CO<sub>2</sub>”.

La categorización de emisiones del sector se realizó siguiendo el Protocolo Global para Inventarios de Emisión de GEI a Escala Comunitaria (GPC), agrupando las emisiones en Alcances:

*Tabla 22: Reporte de emisiones del sector AFOLU según el marco de alcances (GPC).*

| Alcance 1                                                                                                                                                     | Alcance 2                               | Alcance 3                                                                                                                                                                                                          |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Emisiones dentro de los límites provenientes de la actividad agrícola, uso del suelo y el cambio del uso del suelo dentro de los límites de la ciudad.</i> | <i>No aplicable al sector de AFOLU.</i> | <i>Las emisiones provenientes de las actividades de uso del suelo fuera de la ciudad no están comprendidas en el GPC bajo el nivel BÁSICO/BÁSICO+ pero pueden ser incluidas como Otras emisiones de alcance 3.</i> |

*Fuente: Protocolo Global para Inventarios de Emisión de Gases de Efecto Invernadero a Escala Comunitaria (GPC).*

Los enfoques de cálculo utilizados para el sector AFOLU varían en cuanto a su metodología. Se utilizaron factores de emisión tanto de nivel 1, predeterminados por el IPCC como de nivel 2, basados en metodologías de cálculo propias, específicas en cada caso.

## **Procesos de emisión y absorción de GEI en el sector AFOLU**

Los flujos de gases de efecto invernadero (GEI) en el sector AFOLU pueden estimarse de dos formas: (1) a partir de los cambios netos en las existencias de carbono (C) a lo largo del tiempo, principalmente para CO<sub>2</sub>, y (2) como flujos directos de gases hacia y desde la atmósfera, método usado para gases no-CO<sub>2</sub> y algunas emisiones de CO<sub>2</sub>. En este contexto, un aumento en las existencias de C equivale a una absorción neta de CO<sub>2</sub>, mientras que una disminución implica emisiones netas.

Los principales procesos que explican estos flujos se describen a continuación según los componentes del ecosistema:

### **1. Biomasa**

La biomasa vegetal es el principal sumidero de CO<sub>2</sub>, captado mediante la fotosíntesis (Producción Primaria Bruta, GPP). Parte de este carbono es liberado nuevamente por la respiración de las plantas, y el resto constituye la Producción Primaria Neta (NPP). Tras descontar las pérdidas por descomposición (respiración heterotrófica), se obtiene la Producción Neta del Ecosistema (NEP). Si además se

descuentan las pérdidas por cosecha, incendios o desbroce, se llega a la Producción Neta de Bioma (NBP), indicador fundamental del balance de carbono en el inventario provincial.

Actividades como la deforestación, fertilización, irrigación o incendios alteran estos flujos. En particular, los incendios generan importantes emisiones de CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O y otros GEI. Parte del carbono extraído, como el contenido en productos de madera, puede almacenarse durante años o siglos.

## **2. Materia orgánica muerta**

La biomasa muerta (DOM) incluye madera seca y hojarasca. Parte se descompone rápidamente, liberando carbono a la atmósfera, y otra parte puede almacenarse por más tiempo. Su manejo afecta la velocidad de descomposición y la entrada de residuos. La combustión de DOM también genera emisiones directas de GEI.

## **3. Suelos**

La descomposición de la biomasa muerta da lugar a la materia orgánica del suelo (SOM), que puede permanecer desde años hasta milenios, dependiendo de su estabilidad. El carbono también puede emitirse como CO<sub>2</sub> por descomposición, como CH<sub>4</sub> en suelos inundados, o como N<sub>2</sub>O si hay aportes de nitrógeno.

El manejo del suelo, como el encalado (que libera CO<sub>2</sub>) o la aplicación de fertilizantes (que incrementa emisiones de N<sub>2</sub>O), influye significativamente en estos flujos. En arrozales inundados, por ejemplo, se generan altas emisiones de CH<sub>4</sub>. Los suelos bien drenados, en cambio, pueden actuar como sumideros menores de metano.

## **4. Ganadería**

La producción animal, en especial de rumiantes, es una fuente importante de CH<sub>4</sub> por fermentación entérica. El manejo del estiércol también produce CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O, además de otras emisiones indirectas (NH<sub>3</sub>, NO<sub>x</sub>). El pastoreo contribuye a las emisiones de N<sub>2</sub>O a través de los aportes de nitrógeno en la orina y estiércol.

### **A.V.1 Ganadería**

Dentro del sector AFOLU, en la categoría de “V.1 Ganadería”, se estimaron las emisiones de metano (CH<sub>4</sub>) derivadas de la fermentación entérica, así como las emisiones de metano (CH<sub>4</sub>) y óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) asociadas a la gestión del estiércol. Estas emisiones se calcularon para los principales sistemas productivos presentes en la provincia, incluyendo ganadería de carne, ganadería lechera y otras categorías ganaderas, que incluyen ovinos, caprinos, camélidos, equinos, mulares y asnales, porcinos y aves.

En el caso del cálculo de emisiones provenientes de bovinos de carne y bovinos de leche, se han utilizado los valores publicados en el IBT1 que permiten estimar factores de emisión específicos de Nivel 2, adaptados a los sistemas productivos y tecnológicos provinciales.

Para las ganaderías no bovinas (ovinos, caprinos, camélidos, equinos, mulares y asnales, porcinos y aves) se utilizan FE por defecto de las Directrices del IPCC de 2006.

### **Caracterización detallada del ganado**

Para la estimación de emisiones de metano por fermentación entérica y de metano y óxidos de nitrógeno por gestión del estiércol, se partió de una caracterización específica del rodeo ganadero de la provincia de Santa Fe, que replicó el enfoque metodológico adoptado en el Inventario Nacional de GEI (IBT1) y lo adaptó a la disponibilidad de datos provinciales.

En primer lugar, se diferenciaron las principales especies ganaderas presentes en el territorio provincial, priorizando aquellas con mayor representatividad en términos de existencias: bovinos de carne, bovinos lecheros, porcinos, aves y ovinos. Dentro de los bovinos, se realizó una desagregación adicional por tipo de sistema productivo (carne o leche) y por categorías según edad, sexo y función productiva (terneros/as, vaquillonas, vacas, toros, novillos, etc.).

Esta clasificación fue necesaria para asignar de manera diferenciada los parámetros técnicos requeridos por la metodología de Nivel 2 del IPCC 2006, tales como peso vivo, tasa de crecimiento, tasa de parto, digestibilidad de la dieta o producción de leche, según correspondiera.

En la siguiente Tabla se muestran las definiciones utilizadas para los distintos tipos de bovinos de carne y leche. Las mismas se extraen de la caracterización realizada a nivel nacional (IBT1), conforme a las definiciones del Registro Nacional Sanitario de Productores Agropecuarios (RENSPA) (SENASA, 2015). La ganadería de leche no contempla la presencia de novillos y novillitos.

Tabla 23. Definición de las distintas categorías de ganado bovino.

| Categorías de ganado    | Definición                                                                              |
|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Vaca</b>             | Hembras que han tenido al menos una parición.                                           |
| <b>Vaquillona</b>       | Hembras jóvenes que no han tenido parición alguna.                                      |
| <b>Tenera y ternero</b> | Hembras y machos menores de 1 año, sin considerar si están o no al pie de la madre.     |
| <b>Novillo</b>          | Machos castrados.                                                                       |
| <b>Novillito</b>        | Machos castrados.                                                                       |
| <b>Toro</b>             | Machos sin castrar, mayores a un año, que el productor se lo reserva para reproducción. |
| <b>Buey</b>             | Macho adulto castrado que el productor se lo reserva para labores de tracción.          |
| <b>Torito</b>           | Toros jóvenes mayores de un año que aún no han entrado a servicio.                      |

Fuente: Primer Informe Bienal de Transparencia de la República Argentina a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (IBT1).

### Definición de sistemas modales

La estimación de emisiones mediante metodología de Nivel 2 se basó en la definición realizada en el IBT1 de sistemas modales representativos para la ganadería bovina de carne y de leche en la provincia de Santa Fe. Estos sistemas agrupan prácticas productivas homogéneas que permiten asignar valores promedio a los parámetros técnicos requeridos por las ecuaciones del IPCC 2006. La asignación se realizó a nivel de departamento, lo cual permitió captar las variaciones espaciales en los modos de producción.

### Sistemas modales de bovinos de carne y su asignación territorial

La aplicación de la metodología de Nivel 2 para la estimación de emisiones en ganadería requiere definir sistemas modales de producción que representen de forma adecuada las prácticas predominantes en cada región. Esta definición es fundamental porque cada sistema modal se asocia a parámetros técnicos específicos, tales como el peso vivo de los animales, la tasa de crecimiento, la digestibilidad de la dieta o la duración del ciclo productivo, que son insumos esenciales para el cálculo tanto de fermentación entérica como de gestión del estiércol.

En el caso de la ganadería de carne, se identificaron dos grandes sistemas productivos:

- Cría: orientado a la reproducción y primera etapa del ciclo productivo, con predominancia de vacas madre, terneros/as y toros. Este sistema suele tener menor intensidad productiva, menor digestibilidad de la dieta y tasas de crecimiento más bajas.

- Invernada (que puede incluir recría y engorde): orientado a la finalización del ciclo productivo, con mayor carga animal, uso de pasturas mejoradas y/o suplementación, y mayores tasas de crecimiento y conversión.

Para reflejar adecuadamente esta diversidad productiva en el territorio provincial, se utilizó la regionalización establecida en el Inventario Nacional (IBT1), que agrupa los departamentos según su pertenencia a una de dos regiones agroecológicas relevantes: Pampeana Norte y NEA. A cada región se le asignaron sistemas modales construidos sobre información productiva real, que contemplan diferencias en prácticas de manejo, tipo de alimentación, rendimiento, peso de faena y duración de los ciclos.

La Figura 3 ilustra los sistemas modales de bovinos de carne identificados para cada región de la provincia y la Tabla 24 presenta la región ganadera asignada a cada departamento.



Figura 3. Regionalización para sistemas modales de bovinos de carne

Fuente: IBA 5.

Tabla 24. Asignación de regiones por departamento.

| Departamento     | Región ganadera asignada |
|------------------|--------------------------|
| Belgrano         | Pampeana Norte           |
| Caseros          | Pampeana Norte           |
| Castellanos      | Pampeana Norte           |
| Constitución     | Pampeana Norte           |
| Garay            | NEA                      |
| General López    | Pampeana Norte           |
| General Obligado | NEA                      |
| Iriondo          | Pampeana Norte           |
| La Capital       | Pampeana Norte           |
| Las Colonias     | Pampeana Norte           |
| 9 de Julio       | NEA                      |
| Rosario          | Pampeana Norte           |
| San Cristóbal    | NEA                      |
| San Javier       | NEA                      |
| San Jerónimo     | Pampeana Norte           |
| San Justo        | NEA                      |
| San Lorenzo      | Pampeana Norte           |
| San Martín       | Pampeana Norte           |
| Vera             | NEA                      |

Fuente: Elaboración propia..

La Región Pampeana Norte comprende zonas con alta integración agropecuaria, infraestructura desarrollada y acceso a recursos forrajeros. Predominan los sistemas de invernada, tanto pastoril como intensiva, orientados al engorde de animales con suplementación y ciclos de terminación cortos. Los establecimientos en esta región tienden a contar con mayor disponibilidad de tecnología, manejo planificado de la alimentación y mejores indicadores de eficiencia productiva.



La Región NEA, por su parte, incluye áreas con menor densidad productiva, presencia de suelos de menor aptitud agrícola y predominancia de sistemas ganaderos extensivos. En esta región es característico el sistema de cría, con baja carga animal, uso de pasturas naturales, mínima suplementación y animales con menor ganancia de peso diario. La producción se basa mayormente en rodeos de cría destinados a abastecer de terneros/as a otras regiones del país.

### **Sistema modal de bovinos lecheros y su asignación territorial**

Para la estimación de emisiones provenientes de bovinos lecheros se utilizó un enfoque de Nivel 2, basado en la caracterización de un sistema modal productivo representativo de la lechería santafesina: la lechería pastoril con suplementación. Este sistema responde al perfil dominante de la actividad en la provincia, caracterizado por el uso combinado de pasturas y alimentación estratégica con concentrados, niveles medios a altos de productividad y una alta especialización del rodeo.

Si bien se mantuvo un único sistema modal desde el punto de vista cualitativo, en línea con la estructura productiva predominante, se reconocieron variaciones regionales dentro de la provincia que justificaron el uso de parámetros diferenciados. En este sentido, se replicó la lógica del Inventario Nacional (IBT1), que distingue dos subzonas lecheras: Santa Fe Centro y Santa Fe Sur.

Esta diferenciación territorial no implica la existencia de sistemas conceptualmente distintos, pero sí permite reflejar diferencias cuantitativas relevantes en relación a los siguientes parámetros:

- Producción diaria de leche: ligeramente superior en Santa Fe Sur.
- Porcentaje de vacas en ordeño: más alto en Santa Fe Centro, como reflejo de una mayor eficiencia reproductiva.
- Digestibilidad de la dieta: ligeramente mayor en Santa Fe Sur.
- Peso vivo y duración del ciclo: con leves diferencias, asociadas a variabilidad en el biotipo animal y calendario de manejo.

Los valores específicos para estos parámetros fueron tomados de los sistemas modales definidos en el IBT1, ajustados con información local proveniente de la Encuesta Nacional a Productores Lecheros (ENAPROLEC), publicaciones del INTA y datos del Ministerio de Producción, Ciencia y Tecnología de Santa Fe.

La Figura 4 visualiza la distribución de los sistemas modales bovinos de leche en el territorio santafesino, mientras que la Tabla 25 presenta la asignación de la cuenca lechera asociada a cada departamento.



Figura 4. Regionalización para sistemas modales de bovinos de leche

Fuente: IBA 5.

Tabla 25. Asignación de cuencas lecheras por departamento.

| Departamento     | Cuenca lechera asignada |
|------------------|-------------------------|
| Belgrano         | Santa Fe Sur            |
| Caseros          | Santa Fe Sur            |
| Castellanos      | Santa Fe Centro         |
| Constitución     | Santa Fe Sur            |
| Garay            | Santa Fe Centro         |
| General López    | Santa Fe Sur            |
| General Obligado | Santa Fe Centro         |
| Iriondo          | Santa Fe Sur            |
| La Capital       | Santa Fe Centro         |
| Las Colonias     | Santa Fe Centro         |
| 9 de Julio       | Santa Fe Centro         |
| Rosario          | Santa Fe Sur            |
| San Cristóbal    | Santa Fe Centro         |
| San Javier       | Santa Fe Centro         |
| San Jerónimo     | Santa Fe Centro         |
| San Justo        | Santa Fe Centro         |
| San Lorenzo      | Santa Fe Sur            |
| San Martín       | Santa Fe Centro         |
| Vera             | Santa Fe Centro         |

Fuente: Elaboración propia..

### **V.1.1 Fermentación entérica**

Dentro de esta categoría se contempla las emisiones de metano (CH<sub>4</sub>) generadas como subproducto del proceso digestivo de los animales herbívoros, particularmente los rumiantes. Estas emisiones fueron estimadas conforme a las Directrices del IPCC 2006, con la incorporación de ajustes y mejoras metodológicas del Refinamiento 2019, replicando el enfoque del Inventario Nacional (IBT1) y adaptándolo a la escala provincial.

El cálculo de emisiones se realiza de acuerdo con las ecuaciones 10.19 y 10.20 de las Directrices del IPCC de 2006.

*Ecuación 18: Emisiones por fermentación entérica de una categoría de ganado.(10.19)*

$$Emisiones = EF_T * \left(\frac{N_T}{10^6}\right)$$

Donde,

$EF_T$ : factor de emisión para la población de ganado  $T$

$N_T$ : cantidad de cabezas de ganado  $T$

$T$ : categoría o especie de ganado.

*Ecuación 19: Emisiones totales por fermentación entérica del ganado.(10.20)*

$$Total CH_4_{entérica} = \sum_i E_i$$

Donde,

$E_i$ : emisiones de las categorías y subcategorías de ganado.

El nivel metodológico aplicado varía según la especie ganadera y la disponibilidad de datos:

Para bovinos de carne y de leche, se aplicó una metodología de Nivel 2, a partir de sistemas modales definidos por región y tipo de producción (cría, invernada, lechería). Se estimaron los factores de emisión en función del consumo de energía bruta (GE), la digestibilidad de la dieta (DE) y otros parámetros productivos específicos, según la ecuación 10.21 del IPCC. Esto permitió estimaciones más precisas que reflejan la diversidad de prácticas ganaderas en la provincia.

Para otras especies (porcinos, ovinos, caprinos, equinos y aves), se utilizó una metodología de Nivel 1, aplicando factores de emisión por defecto del IPCC, ya que no se cuenta con caracterización provincial suficiente para aplicar un enfoque más detallado.

### Gestión del estiércol

#### Directas de metano

Las emisiones asociadas a la gestión del estiércol surgen durante las etapas de recolección, almacenamiento y tratamiento de los desechos animales, como resultado de procesos de descomposición biológica. Cuando el estiércol se maneja bajo condiciones con bajo o nulo acceso al oxígeno, es decir, en contextos

anaeróbicos, se genera metano (CH<sub>4</sub>), un gas de efecto invernadero con alto potencial de calentamiento. Estas condiciones son típicas de sistemas de producción con confinamiento parcial o total, como tambos, feedlots o galpones de aves, donde se acumulan grandes volúmenes de estiércol en espacios reducidos.

Las emisiones de CH<sub>4</sub> están determinadas principalmente por dos factores:

- A. La cantidad total de estiércol generado, que depende del tipo de animal, su peso y su dieta; y
- B. La fracción del estiércol que se somete a condiciones anaeróbicas, la cual varía según el sistema de manejo empleado (pastoreo, corral, laguna, cama profunda, entre otros).

En general, los sistemas que almacenan el estiércol en estado líquido, como las lagunas anaeróbicas, tienden a emitir mayores cantidades de CH<sub>4</sub> debido a la descomposición en ausencia de oxígeno. Por el contrario, cuando el estiércol es manejado en forma sólida o se deposita directamente sobre el suelo durante el pastoreo, las condiciones más aeróbicas limitan la generación de metano.

La Ecuación 10.22 del Capítulo 10 del volumen 4 de las Directrices IPCC 2006 muestra cómo calcular las emisiones de CH<sub>4</sub> producidas por la gestión del estiércol:

*Ecuación 20: Emisiones de CH<sub>4</sub> de la gestión del estiércol.*

$$CH_{4\text{ estiércol}} = \sum_t \frac{EF_T * N_T}{10^6}$$

Donde,

$CH_{4\text{ estiércol}}$ : CH<sub>4</sub> Estiércol : emisiones de CH<sub>4</sub> por la gestión del estiércol, para una población definida, Gg CH<sub>4</sub> año-1

$EF_T$ : factor de emisión para la población de ganado definida, kg CH<sub>4</sub> cabeza-1 año-1

$N_T$ : la cantidad de cabezas de la especie/categoría de ganado T del país T = especie/categoría de ganado

Para la ganadería de carne y la ganadería de leche, se tomó un FE de metano de Nivel 2, calculado en el IBA 5. Dicho factor se construyó siguiendo la ecuación 10.23 del IPCC 2006, utilizando la tasa de excreción de sólidos volátiles (VS), el factor de conversión de metano (MCF), la capacidad de metano del estiércol (Bo) y la %MS por subcategoría de ganado y región climática. Para el resto de las ganaderías se toman factores de emisión por defecto de Nivel 1.

### Directas de óxido nitroso

Además del metano, la gestión del estiércol también produce emisiones directas de óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), generadas por los procesos de nitrificación y

desnitrificación del nitrógeno presente en los excrementos. Estas emisiones dependen de la cantidad de nitrógeno orgánico y amoniacal excretado, así como del tipo de tratamiento y del tiempo de almacenamiento. Las emisiones directas de óxido nitroso se estiman por medio de la ecuación 10.25 del Capítulo 10 del volumen 4 de las Directrices IPCC 2006.

*Ecuación 21: Emisiones directas de N<sub>2</sub>O de la gestión del estiércol.*

$$N_2O_{D(mm)} = \sum_S \left[ \sum_T [N_T * Nex_T * MS_{T,S}] * EF_{3S} \right] * (44/28)$$

Donde,

$N_2O_{D(mm)}$ : emisiones directas de N<sub>2</sub>O de la gestión del estiércol, kg N<sub>2</sub>O año<sup>-1</sup>

$N_T$ : cantidad de cabezas de ganado de la especie/categoría T

$Nex_T$ : promedio anual de excreción de N por cabeza de la especie/categoría T, kg N animal<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>

$MS_{T,S}$ : fracción de la excreción total anual de nitrógeno de cada especie/categoría de ganado T que se gestiona en el sistema de gestión del estiércol S, sin dimensión

$EF_{3S}$ : factor de emisión para emisiones directas de N<sub>2</sub>O del sistema de gestión del estiércol S, kg N<sub>2</sub>O-N/kg N en el sistema de gestión del estiércol S

El factor  $Nex$  representa el promedio anual de excreción de N y depende del nitrógeno consumido por un animal y la tasa de N retenido. Éste valor se calcula por la Ecuación 10.32 del Capítulo 10 del volumen 4 de las Directrices IPCC 2006 para cada tipo de animal y región, teniendo en cuenta los sistemas modales caracterizados.

El MS es la fracción de la excreción total anual de nitrógeno de cada especie de ganado que se gestiona en un sistema de gestión del estiércol dado y es un dato que se presenta para cada región, según su caracterización.

### Indirectas de óxido nitroso

Por otra parte, se producen emisiones indirectas de óxido nitroso a partir de las pérdidas de nitrógeno volátil que se producen fundamentalmente en forma de amoníaco y NO<sub>x</sub>. Una parte del nitrógeno contenido en formas como la urea y el ácido úrico se transforma en nitrógeno amoniacal durante la etapa de almacenamiento, proceso que está influenciado principalmente por el tiempo de exposición y, en menor medida, por la temperatura ambiental.

Las emisiones indirectas de N<sub>2</sub>O por volatilización se estiman empleando las ecuaciones 10.26-10.27 del Capítulo 10 del volumen 4 de las Directrices IPCC 2006.

Ecuación 22: Pérdidas de N debidas a la volatilización de la gestión del estiércol. (10.26)

$$N_{\text{volatilización-MMS}} = \sum_S \left[ \sum_T \left[ N_T * Nex_T * MS_{T,S} * \left( \frac{Frac_{GasMS}}{100} \right) \right]_{T,S} \right]$$

Donde,

$N_{\text{volatilización-MMS}}$ : cantidad de nitrógeno del estiércol que se pierde debido a la volatilización de NH3 y NOx, kg N año-1

---

$N_T$ : cantidad de cabezas de ganado de la especie/categoría T

---

$Nex_T$ : promedio anual de excreción de N por cabeza de la especie/categoría T, kg N animal-1 año-1

---

$MS_{T,S}$ : fracción de la excreción total anual de nitrógeno de cada especie/categoría de ganado T que se gestiona en el sistema de gestión del estiércol S, sin dimensión

---

$Frac_{GasMS}$ : porcentaje de nitrógeno del estiércol gestionado para la categoría de ganado T que se volatiliza como NH3 y NOx en el sistema de gestión del estiércol S, %.

---

Luego, el nitrógeno volatilizado se transforma en emisiones de N<sub>2</sub>O a través de la ecuación 10.27.

Ecuación 23: Emisiones indirectas de N<sub>2</sub>O debidas a la volatilización de n de la gestión del estiércol

$$N_2O_{G(mm)} = (N_{\text{volatilización-MMS}} * EF_4) * (44/28)$$

Donde,

$N_2O_{G(mm)}$ :emisiones indirectas de N<sub>2</sub>O debidas a la volatilización de N de la gestión del estiércol, kg N<sub>2</sub>O año-1

---

$EF_4$ : factor de emisión para emisiones de N<sub>2</sub>O resultantes de la deposición atmosférica de nitrógeno en la superficie del suelo o del agua , kg N<sub>2</sub>O-N (kg NH3-N + NOx-N volatilizado)-1

---

Por otra parte, las emisiones indirectas de N<sub>2</sub>O por lixiviación se estiman empleando las ecuaciones 10.29 y 10.28 del Capítulo 10 del volumen 4 de las Directrices IPCC 2006.

Ecuación 24: Emisiones indirectas de N<sub>2</sub>O debidas a lixiviación de la gestión del estiércol. (10.29)

$$N_2O_{l(mm)} = (N_{lixiviación-MMS} * EF_5) * (44/28)$$

$N_2O_{l(mm)}$ : emisiones indirectas de N<sub>2</sub>O debidas a la lixiviación de N de la gestión del estiércol, kg N<sub>2</sub>O año-1

$N_{lixiviación-MMS}$ : cantidad de nitrógeno del estiércol que lixivia de los sistemas de gestión del estiércol, kg N año-1

$EF_5$ : factor de emisión para emisiones de N<sub>2</sub>O por lixiviación y escurrimiento de nitrógeno, kg N<sub>2</sub>O-N/kg N lixiviado o escurrido

Ecuación 25: Pérdidas de N debidas a lixiviación de sistemas de gestión del estiércol. (10.28)

$$N_{lixiviación-MMS} = \sum_S \left[ \sum_T \left[ N_T * Nex_T * MS_{T,S} * \left( \frac{Frac_{leachMS}}{100} \right) \right]_{T,S} \right]$$

Donde,

$N_{volatilización-MMS}$ : cantidad de nitrógeno del estiércol que se pierde debido a la volatilización de NH<sub>3</sub> y NO<sub>x</sub>, kg N año-1

$Frac_{leachMS}$ : porcentaje de pérdidas de nitrógeno del estiércol gestionado de la categoría T debido a escurrimiento y lixiviación durante el almacenamiento sólido y líquido del estiércol

## A.V.2 Uso y cambio de uso del suelo

El subsector “V.2 Uso y cambio de uso del suelo”, dentro de AFOLU (Agricultura, Silvicultura y Otros Usos de la Tierra), contempla las emisiones y remociones de gases de efecto invernadero asociadas al uso actual de la tierra y a los cambios ocurridos entre distintas categorías de uso. Este sector puede representar tanto fuentes como sumideros, en función de los procesos biológicos que afectan los stocks de carbono en biomasa viva, productos derivados de la madera, hojarasca y suelos orgánicos o minerales.

Para el presente inventario provincial, se adoptó el enfoque metodológico definido por los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero, que sigue los lineamientos establecidos por las Directrices del IPCC 2006, considerando las principales categorías de uso de la tierra y sus respectivas transiciones. El análisis se realizó a escala departamental, tomando como año base el 2022. Se calcularon las emisiones y absorciones de dióxido de carbono derivadas de los cambios en las existencias de carbono en tres depósitos (biomasa aérea, biomasa subterránea y carbono del suelo).



### **Representación coherente de tierras (tierras forestales)**

Las definiciones utilizadas para la clasificación de las tierras en este inventario coinciden con las tomadas para los INGEI y se encuentran armonizadas con las categorías de uso del suelo establecidas por las Directrices del IPCC 2006. Esto garantiza la equivalencia entre las clasificaciones nacionales y las categorías internacionales, permitiendo que todos los usos y coberturas del territorio provincial estén correctamente incluidos dentro de una única categoría IPCC, evitando así solapamientos, omisiones o doble contabilización.

A continuación, en la Tabla 26 se detallan las categorías del uso del suelo contempladas en este estudio junto con sus definiciones:

Tabla 26. Definiciones del uso de la tierra.

| Categoría de Uso de la Tierra (IPCC 2006) | Estrato (INGEI)  | Clasificación nacional                   | Definición nacional                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|-------------------------------------------|------------------|------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Tierras forestales (3B1)                  | Bosque Nativo    | Tierras Forestales (TF)                  | Tierras que constituyen un ecosistema natural que presentan una cobertura arbórea de especies nativas mayor o igual al 20% con árboles que alcanzan una altura mínima de 7 m (MAyDS - definición de las clases de cobertura de la tierra del nivel 1 de la leyenda del Primer Inventario Nacional de Bosque Nativo - PINBN - 1998 y de sus actualizaciones). |
| Tierras forestales (3B1)                  | Bosque Nativo    | Otras Tierras Forestales (OTF)           | Tierras que constituyen un ecosistema natural que presentan una cobertura arbórea de especies nativas entre 5 y 20% con árboles que alcanzan una altura mínima de 7 m                                                                                                                                                                                        |
| Tierras forestales (3B1)                  | Bosque Cultivado |                                          | Plantaciones de especies forestales ecológicamente adaptadas al sitio, que permiten satisfacer la demanda actual y potencial de materia prima por parte de distintas industrias, sea en plantaciones puras, mixtas o en sistemas agroforestales (Ley n° 27.487).                                                                                             |
| Tierras de cultivo (3B2)                  | Cultivos         | Cereales                                 | Cultivo cuyo destino haya sido la obtención de grano para la alimentación humana o animal (Cereales para grano) o de semillas para la siembra con el fin de comercialización (Cultivos para semilla). Se incluyen los cereales de doble propósito: grano y pastoreo (CNA 2002).                                                                              |
| Tierras de cultivo (3B2)                  | Cultivos         | Oleaginosas                              | Cultivo de semillas o granos cuyo contenido de lípidos permite obtener aceite (CNA 2002).                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Tierras de cultivo (3B2)                  | Cultivos         | Industriales                             | Son aquellos de los que es posible obtener diversos subproductos mediante la aplicación de procesos industriales (CNA 2002).                                                                                                                                                                                                                                 |
| Tierras de cultivo (3B2)                  | Cultivos         | Legumbres                                | Se consideran legumbres a las leguminosas cuyos granos se usan para la alimentación humana por sus valores nutritivos, sobre todo en proteínas (CNA 2002).                                                                                                                                                                                                   |
| Tierras de cultivo (3B2)                  | Cultivos         | Hortalizas                               | Son todas las plantas comestibles cuyo cultivo, por lo general, es intensivo en mano de obra y capital y no suele ocupar grandes extensiones (CNA 2002).                                                                                                                                                                                                     |
| Tierras de cultivo (3B2)                  | Cultivos         | Flores de corte                          | Son aquellas especies que están destinadas a la obtención de flores para corte (CNA 2002).                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| Tierras de cultivo (3B2)                  | Cultivos         | Aromáticas, medicinales y condimentarias | Son los cultivos cuyo destino es la industria cosmética o la producción comercial de especias y aceites aromáticos para el consumo y otros usos (CNA 2002).                                                                                                                                                                                                  |

|                          |                            |                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|--------------------------|----------------------------|-----------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Tierras de cultivo (3B2) | Frutales                   | Frutales                    | Son los montes comerciales de árboles frutales, estén en producción o no (CNA 2002).                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| Pastizales (3B3)         | Forrajeras                 | Anuales                     | Son todos los cultivos que se utilizan integralmente para alimento de cualquier tipo de ganado y cuyo ciclo evolutivo (germinación, fructificación y cosecha) dura menos de un año (CNA 2002).                                                                                                                                                                   |
| Pastizales (3B3)         | Forrajeras                 | Perennes                    | Son las que se utilizan integralmente para alimento de cualquier tipo de ganado y cuyo ciclo evolutivo y productivo se extiende por más de un año, independientemente de su destino: forraje y corte o semilla para la siembra de los cultivos con destino forrajero (CNA 2002).                                                                                 |
| Pastizales (3B3)         | Campo Natural              |                             | A los fines de la elaboración del INGEI, se incluye dentro de la “superficie destinada a otros usos”, es decir que “en cuya implantación no ha intervenido el hombre”. Se deriva esta definición por oposición a las superficies “Implantadas”.                                                                                                                  |
| Humedales (3B4)          | Humedales (No Gestionados) | Espejo de agua perenne      | Cuerpo natural o artificial de agua, dulce o salada, cuyo aporte proviene de corrientes de agua, afloramientos subterráneos o precipitaciones. Quedan excluidos los embalses y los embalses rurales. Perenne significa que lleva o contiene agua en forma permanente (Instituto Geográfico Nacional (IGN, 2021)).                                                |
| Humedales (3B4)          | Humedales (Gestionados)    | Espejo de agua intermitente | Cuerpo natural o artificial de agua, dulce o salada, cuyo aporte proviene de corrientes de agua, afloramientos subterráneos o precipitaciones. Quedan excluidos los embalses y los embalses rurales. Intermitente significa que lleva o contiene agua temporalmente (IGN, 2021).                                                                                 |
| Humedales (3B4)          | Humedales (Gestionados)    | Embalses                    | Masa de agua retenida por una estructura artificial para su posterior aprovechamiento (IGN, 2021).                                                                                                                                                                                                                                                               |
| Humedales (3B4)          | Humedales (Gestionados)    | Embalses rurales            | Excavación descubierta destinada al depósito de agua en zonas rurales (IGN, 2021).                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| Asentamientos (3B5)      | Asentamientos              | Planta Urbana               | Área urbana aproximada que incluye la zona contigua de amanzanamiento edificado, cuyos límites son reconocibles (IGN, 2021).                                                                                                                                                                                                                                     |
| Otras tierras (3B6)      | Otras tierras              | Glaciares                   | Masa de hielo perenne estable o que fluye lentamente, con o sin agua intersticial, formado por la recrystalización de nieve, ubicado en diferentes ecosistemas, cualquiera sea su forma, dimensión y estado de conservación. Son parte constituyente de cada glaciar el material detrítico rocoso y los cursos internos y superficiales de agua (Ley n° 26.639). |

*Fuente: IBT1*

Dado que los procesos de emisión y absorción dependen de diversos factores locales, como el tipo de bosque o plantación, las etapas de desarrollo de la vegetación y las prácticas de manejo, se recomienda segmentar las tierras forestales en subcategorías. En este inventario, los datos se subdividen según la región forestal. De acuerdo con los inventarios nacionales, se identifican dos regiones forestales en el territorio provincial: el Parque Chaqueño y el Espinal. La asignación de los departamentos a cada región forestal se indica en el Anexo B ya que es parte del procesamiento de los datos de actividad.



Figura 5. Regiones forestales de la República Argentina.

Fuente: INI del IBT1.

El Parque Chaqueño es la región forestal más grande del país, abarcando el 68% de las áreas forestales nacionales según el Segundo Inventario Nacional de Bosques Nativos (INBN2). Forma parte del Gran Chaco Americano, que se extiende también por Bolivia y Paraguay, cubriendo más de 100 millones de hectáreas. Esta región se caracteriza por una gran diversidad de ambientes y especies, con una vegetación predominante de bosque caducifolio, destacando los quebrachos (*Schinopsis* sp.). En 2022, la pérdida de cobertura forestal en esta área alcanzó las 165.603 hectáreas, lo que representó el 79% de la deforestación total del país. La principal causa de esta pérdida es la expansión de la agricultura y la ganadería, junto con presiones adicionales como la extracción forestal selectiva y el

sobrepastoreo, lo que contribuye a la degradación de los ecosistemas y a un aumento de las emisiones de CO<sub>2</sub> (INI del IBT1, 2024).

El Espinal abarca el 12% de las regiones forestales nacionales, según el INBN2, y se divide en tres distritos: Caldén, Ñandubay y Algarrobo, este último siendo monitoreado por UMSEF desde 2021. Los bosques de esta región son bajos, compuestos por especies lechosas xerófilas, que varían de densos a abiertos, y en su mayoría de un solo estrato arbóreo. Se alternan con sabanas y estepas de gramíneas. Predominan los géneros Prosopis y Acacia, acompañados de Celtis, Schinus y Geoffroea. Los bosques rara vez superan los 10 metros de altura. En 2022, se perdieron 35.194 hectáreas de bosque nativo en el Espinal, representando el 17% de la deforestación total del país. Las principales causas de la deforestación están vinculadas a la expansión agrícola, mientras que la degradación se debe al aprovechamiento no regulado de recursos forestales, como el algarrobo y el caldén, además de la ganadería bajo monte y los incendios forestales (INI del IBT1, 2024)

### Metodología general para la estimación de emisiones y remociones de Tierras

La fórmula general para estimar las emisiones del sector se basa en la ecuación 2.1 del capítulo 2, Volumen 4, de las Directrices del IPCC 2006:

*Ecuación 26: Cambios en las existencias anuales de carbono para todo el sector AFOLU estimadas como la suma de los cambios en todas las categorías de uso de la tierra*

$$\Delta C_{AFOLU} = \Delta C_{FL} + \Delta C_{CL} + \Delta C_{GL} + \Delta C_{WL} + \Delta C_{SL} + \Delta C_{OL}$$

$\Delta C_{AFOLU}$ : cambio en las existencias de carbono.

$AFOLU$ : agricultura, silvicultura y otros usos del suelo.

$FL$ : tierras forestales .

$CL$ : tierras de cultivo.

$GL$ : pastizales.

$WL$ : humedales.

$SL$ : asentamientos.

$OL$ : otros suelos.

Para cada categoría de uso del suelo incluida en el análisis (tierras forestales, pastizales y tierras de cultivo, así como sus permanencias y transiciones), los cambios en las existencias de carbono se estimaron por estrato, considerando factores como zona ecológica, tipo de suelo o régimen de manejo.

A diferencia del enfoque completo propuesto por el IPCC, que contempla los cinco depósitos de carbono del ciclo (biomasa aérea, biomasa subterránea, materia muerta, hojarasca y carbono del suelo), en este inventario se consideraron

únicamente los depósitos de biomasa (aérea y subterránea) y el carbono orgánico del suelo.

A continuación, en la Tabla 27 se describen los principales depósitos de carbono utilizados en cada categoría de uso del suelo.

*Tabla: 27 Definiciones de los depósitos de carbono utilizados en AFOLU para cada categoría de uso del suelo.*

| Depósitos de Carbono en el sector AFOLU |                            | Descripción                                                                                                                                                                                                                                                 |
|-----------------------------------------|----------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Biomasa                                 | Biomasa aérea              | Toda la biomasa de la vegetación viva, tanto maderera como herbácea, que se halla por encima del suelo, incluidos tallos, cepas, ramas, corteza, semillas y follaje.                                                                                        |
|                                         | Biomasa subterránea        | Toda la biomasa de las raíces vivas                                                                                                                                                                                                                         |
| Suelos                                  | Materia orgánica del suelo | Incluye el carbono orgánico en suelos minerales hasta una profundidad determinada por el país (por defecto, 30 cm). También abarca raíces finas y materia orgánica muerta menores a 2 mm de diámetro cuando no pueden distinguirse empíricamente del suelo. |

*Fuente: Panel Intergubernamental frente al Cambio Climático (IPCC), Volumen 4, Introducción (Capítulo 1).*

La ecuación 2.3 del capítulo 2, Volumen 4, de las Directrices del IPCC 2006 describe los cambios en las existencias anuales de carbono para un estrato de una categoría de uso de la tierra como la suma de los cambios de todos los depósitos. En el caso de este inventario, se adapta de la siguiente manera.

*Ecuación 27: Cambios en las existencias anuales de carbono para un estrato de una categoría de uso de la tierra como la suma de los cambios de todos los depósitos.*

$$\Delta C_{LUi} = \Delta C_{AB} + \Delta C_{BB} + \Delta C_{SO}$$

$\Delta C_{LUi}$ : cambios en las existencias de carbono para un estrato de una categoría de uso de la tierra.

$\Delta C_{AB}$ : biomasa aérea.

$\Delta C_{BB}$ : biomasa subterránea.

$\Delta C_{SO}$ : suelos.

En todos los casos, el nivel metodológico aplicado fue Nivel 1, salvo en tierras forestales que permanecen como tales, donde se adoptó un enfoque de Nivel 2, coherente con el Inventario Nacional (IBT1), para los depósitos de biomasa aérea y subterránea. Por ese motivo se presentan a continuación las metodologías de forma separada.

## Balance de biomasa en tierras forestales que permanecen como tales

Las emisiones de CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O se incluyen en la categoría de Quema de biomasa en tierras forestales.

### Bosque nativo

La estimación del cambio en las existencias de carbono en la biomasa se llevó a cabo utilizando el método por pérdidas y ganancias, según la ecuación 2.7 de las Directrices del IPCC 2006.

*Ecuación 28: Cambio anual de las existencias de carbono en biomasa en tierras que permanecen en una categoría en particular de uso de la tierra.*

$$\Delta C_B = \Delta C_G - \Delta C_L$$

$\Delta C_B$ : cambio anual en las existencias de carbono de la biomasa, ton C/año

$\Delta C_G$ : aumento anual subcategoría de tierra, considerando la superficie total, ton C/ año

$\Delta C_L$ : reducción anual de las existencias de carbono debida a la subcategoría de tierra, considerando la superficie total, ton C /año

A su vez,  $\Delta C_G$  se estima con la ecuación 2.9 del capítulo 2 del volumen 4 de las Directrices del IPCC, en la cual la superficie de cada subcategoría forestal se multiplica por el incremento anual medio de materia seca.

*Ecuación 29: Incremento anual de las existencias de carbono en biomasa en tierras que permanecen en la misma categoría de uso de la tierra.*

$$\Delta C_G = \sum_{i,j} (A_{i,j} * G_{total} * CF_{i,j})$$

Donde,

$A$ : superficie de bosque que permanece como tal, ha.

$G_{total}$ : crecimiento medio anual de la biomasa, Ton Materia Seca/ha/año. Incluye biomasa aérea (Gw) y biomasa subterránea.

$CF$ : fracción de carbono de materia seca, tonC/tonMateriaSeca.

$i$ : zona ecológica

$j$ : dominio climático

En este caso, se emplea un método de nivel 2, donde el dato de actividad para el cálculo del crecimiento es la "superficie equivalente acumulada" que es la cual se considera en crecimiento y sustituye a la superficie de bosque que permanece como tal. Esta superficie se estima en base a los datos de extracciones forestales (maderables y leña y carbón exclusivas) previamente presentados, considerando los años que requiere cada región forestal para renovarse. La superficie equivalente acumulada se calcula en base a la madera extraída desde el año de reporte menos la tasa de renovación de la región forestal.

Para el cálculo de la superficie equivalente intervenida se utiliza el dato de combustible equivalente leña proveniente de aprovechamiento exclusivo sumada a la cantidad de madera extraída y dividido por el volumen comercial.

*Ecuación 30: Cálculo de la superficie equivalente intervenida de bosque nativo.*

$$\text{Sup equivalente intervenida} = \frac{(\text{Comb eq leña} * D) + (H * D)}{\text{Volumen comercial}}$$

*Sup equivalente intervenida:* superficie necesaria para extraer madera de los productos maderables i y los productos combustibles k de la especie j en el departamento x en el año a (ha)

*Comb eq leña:* madera combustible del producto combustible k de la especie j en el departamento x en el año a (m³)

*D:* densidad de la especie j (toneladas MS/m³)

*H:* madera maderable del producto maderable i de la especie j en el departamento x en el año a (m³)

*Volumen comercial:* porcentaje del volumen comercial en la región forestal z que contiene el departamento x (toneladas/ha)

La superficie equivalente intervenida representa la superficie que debió existir para extraer la leña y madera extraída. Cabe destacar que no se suma aquella madera proveniente de desmonte. Si hubo desmonte las emisiones por extracción se incluyen en las emisiones por cambio de uso de la tierra.

Una vez estimada la superficie equivalente intervenida, se calcula la superficie equivalente anual para cada año por región forestal, por medio de la sumatoria de superficies equivalentes intervenidas para una misma región.

Para obtener la superficie equivalente acumulada por año y región forestal se suman las superficies equivalentes anuales según la tasa de renovación. La superficie equivalente acumulada es la que se utiliza para los cálculos de absorciones.



Ecuación 31: Obtención de la superficie equivalente acumulada.

$$Sup\ equivalente\ acumulada = \sum_{Ainv-(TRz-1)}^{Ainv} Sup\ eq\ anual_{z,a}$$

---

*Sup equivalente acumulada*: superficie equivalente acumulada, ha

---

*Ainv*: año inventario

---

*TRz*: Tasa de renovación de la región z, años

---

*a*: año

---

Por su parte,  $\Delta C_L$ , se calcula a partir de la ecuación 2.11 del capítulo 2 del volumen 4 de las Directrices del IPCC 2006:

Ecuación 32: Reducción anual de las existencias de carbono en biomasa en tierras que permanecen en la misma categoría de uso de la tierra

$$\Delta C_L = L_{remoción\ bosques} + L_{madera\ combustible} + L_{perturbaciones}$$

---

*L<sub>remoción bosques</sub>*: pérdida anual de carbono por remoción de bosques, tonC/año

---

*L<sub>madera combustible</sub>*: pérdida anual de carbono en la biomasa por remoción de madera combustible, tonC/año

---

*L<sub>perturbaciones</sub>*: pérdida anual de carbono en la biomasa por perturbaciones, tonC/año.

---

A su vez, cada uno de estos términos se obtienen a partir de las ecuaciones 2.12, 2.13 y 2.14 del capítulo 2 del volumen 4 de las Directrices del IPCC 2006, respectivamente.

La pérdida anual de carbono en la biomasa por perturbaciones no se estima, ya que las emisiones asociadas a los incendios forestales se informan en la sección de Quema de biomasa.

Ecuación 33: Pérdida anual de carbono en la biomasa por remociones de bosques. (2.12)

$$L_{\text{remoción bosques}} = [H * BCEF_R * (1 + Rr) * CF]$$

$H$ : remociones anuales de bosques, rollizos, m3/año.

$BCEF_R$ : factor de conversión y expansión de biomasa para la conversión de remociones en volumen venable a remociones totales de biomasa, ton remoción de biomasa área/m3 de remociones.

$Rr$ : relación entre la biomasa subterránea y aérea para un tipo específico de vegetación (para cosecha), ton Materia Seca Biomasa Subterránea/ton Materia Seca Biomasa Aérea.

Ecuación 34: Pérdida anual de carbono en la biomasa por remociones de madera combustible. (2.13)

$$L_{\text{madera combustible}} = \{[FG_{\text{árboles}} * BCEF_R (1 + Rr)] * FG_{\text{partes}} * D\}CF$$

$H$ : remociones anuales de bosques, rollizos, m3/año.

$FG_{\text{árboles}}$ : volumen anual de remoción de madera combustible de árboles enteros, m3/año

$FG_{\text{partes}}$ : volumen anual de remoción de madera combustible como parte de árboles (copas, ramas), m3/año

$D$ : Densidad básica de la madera

### Bosque cultivado

Al igual que para la sección de bosque nativo, la estimación del cambio en las existencias de carbono en la biomasa se realizó utilizando la ecuación 2.7 de las Directrices del IPCC de 2006. Los cálculos se realizan por grupo de especies.

- Coníferas: Pinos
- Eucaliptos: Eucaliptos
- Salicáceas: Álamos y Sauces
- Otras: Toona, Paraíso, Olmo, Nogal, Kiri, Grevilea, Fresno, Ciprés, Arce, Araucaria, Acacia negra, Acacia blanca, Acacia, entre otras.

Para el cálculo de remociones, también se siguen las ecuaciones 2.11, 2.12 y 2.13. Las pérdidas anuales de carbono por perturbaciones no se consideran por falta de información sobre plagas y porque los incendios forestales están contabilizados en la categoría Quema de biomasa en tierras forestales (Bosque Cultivado).

Las remociones maderables ( $H$ ) no incluyen las extracciones de leña ni de carbón vegetal, ya que ambos se consideran dentro de la categoría de madera combustible. El factor de crecimiento de la parte no cosechada ( $FG_{\text{partes}}$ ) se fija en 0, bajo el supuesto de que el árbol es cosechado en su totalidad.

El cálculo del factor de crecimiento para productos combustibles (FG árboles) se basa exclusivamente en los volúmenes de leña y carbón, los cuales están expresados en toneladas en los datos fuente. Para estimarlo, se realiza primero la conversión del carbón a su equivalente en leña, multiplicando el peso del carbón por 5,157. A continuación, se aplica un coeficiente de 0,7 para considerar que la madera verde posee un contenido de humedad del 30%, obteniendo así el volumen total de madera combustible expresado como madera seca. Finalmente, este valor se divide por la densidad de la especie correspondiente, con el fin de expresar la extracción en metros cúbicos (m³).

Para el cálculo del incremento anual de las existencias de carbono se usan las ecuaciones 2.9 y 2.10.

*Ecuación 35: Incrementos anuales promedio de la biomasa. (2.10)*

$$G_{total} = \sum \{I_v * BCEF_i * (1 + Ri)\}$$

$I_v$ : incremento anual neto promedio para un tipo de vegetación específica, m3 / ha año

$BCEF_i$ : factor de conversión y expansión de biomasa para la conversión del incremento anual neto en volumen (incluyendo corteza) a crecimiento de biomasa aérea para un tipo de vegetación específica, toneladas de crecimiento de corteza aérea /m3 de incremento anual promedio

$Ri$ : relación entre la biomasa subterránea y aérea para un tipo específico de vegetación (para crecimiento), ton Materia Seca Biomasa Subterránea/ton Materia Seca Biomasa Aérea.

### **Balance de biomasa en tierras diferentes a tierras forestales que permanecen como tales<sup>11</sup>**

Para estimar el cambio en las existencias de carbono de la biomasa (biomasa aérea y subterránea), se empleó la Ecuación 2.4 del capítulo 2, Volumen 4, de las Directrices del IPCC 2006. El inventario nacional utiliza una adaptación de la fórmula, entendiendo que los depósitos de madera muerta y hojarasca no son considerados debido a la alta variabilidad espacial de estos compartimentos y la falta de datos específicos a nivel nacional. La ecuación se presenta a continuación.

<sup>11</sup> Tierras diferentes a tierras forestales que permanecen como tales calculadas en este inventario: Tierras forestales convertidas en pastizales; Tierras forestales convertidas en tierras de cultivo; Tierras de cultivo que permanecen como tales; Tierras de cultivo convertidas en pastizales; Pastizales que permanecen como tales; Pastizales convertidos en tierras de cultivo.

Ecuación 36: Cambios en las existencias anuales de carbono de un depósito dado en función de las pérdidas y las ganancias

$$\Delta C_{t,x,w} = \left[ A_{t,x} * \left( \sum_{j=1}^4 \text{Biomasa final} \frac{tC}{ha} \right)_{j,t,x,w} \right] - \left[ A_{t,x} * \left( \sum_{j=1}^4 \text{Biomasa inicial} \frac{tC}{ha} \right)_{j,t,x,w} \right]$$

$\Delta C_{t,x,w}$ : = Cambio de existencias de carbono en categoría de uso/cambio de uso de la tierra t, en el departamento x y en el clima w (tC).

$A_{t,x}$ : Superficie final en la categoría de uso/de cambio de uso de la tierra t y en el departamento x (ha).

*Biomasa inicial/final tC/ha*: Biomasa en el depósito j, en la categoría de uso de la tierra t, en el departamento x y clima w (tC/ha).

j: depósito de biomasa.

t: categoría de uso de la tierra.

x: departamento.

w: clima.

Al mismo tiempo, se destaca que:

- Las emisiones de CO<sub>2</sub> de tierras que permanecen como tales se incluyen en la Variación de materia orgánica (carbono) del suelo.
- Las emisiones de CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O se incluyen en las categorías de Quema de biomasa pertenecientes a cada tipo de uso de origen.
- Los cálculos de tierras forestales convertidas a otros usos son de Nivel 2, mientras que el resto de las combinaciones llevan un Nivel 1. Esto no implica que se empleen fórmulas distintas, sino que se aplican factores específicos para las tierras forestales de la provincia según la región forestal asignada.

### Variación de la materia orgánica del suelo

Por su parte, las estimaciones de cambio de carbono en suelos se realizaron utilizando las ecuaciones 2.24 y 2.25 de las Directrices del IPCC 2006. Dado que se aplicó un enfoque de Nivel 1, solo se estimó el cambio en carbono orgánico en suelos minerales ( $\Delta C$  Mineral), mientras que las pérdidas por suelos orgánicos drenados (L Orgánicos) y el cambio en carbono inorgánico ( $\Delta C$  Inorgánico) se asumieron nulas. Por lo tanto, el cambio total en las existencias de carbono del suelo ( $\Delta C$  Suelos) se corresponde únicamente con  $\Delta C$  Mineral.

Ecuación 37: Cambio anual en las existencias de carbono de los suelos.(2.24)

$$\Delta C_{\text{Suelos}} = \Delta C_{\text{Minerales}} - L_{\text{Orgánicos}} + \Delta C_{\text{Inorgánicos}}$$

Donde,

$\Delta C_{\text{Suelos}}$  : cambio anual en las existencias de carbono de los suelos, (t C año<sup>-1</sup>).

$\Delta C_{\text{Minerales}}$  : cambio anual en las existencias de carbono orgánico de los suelos minerales, (t C año<sup>-1</sup>).

$L_{\text{orgánicos}}$ : pérdida anual de carbono de suelos orgánicos drenados, (t C año<sup>-1</sup>).

$\Delta C_{\text{inorgánicos}}$  : cambio anual en las existencias de carbono inorgánico de los suelos, (t C año<sup>-1</sup>).

La estimación se basó en la fórmula A de la ecuación 2.25, adecuada para inventarios que emplean el Método 1 de representación coherente de tierras. El cálculo se realizó a nivel departamental y se asumió un período de transición de 20 años (parámetro D), por lo que se tomó como valor de referencia el año 2002.

Ecuación 38: Variación de carbono orgánico en suelos minerales.(2.25)

$$\Delta C_{\text{Minerales}} = \frac{(SOC_0 - SOC(0-T))}{D}$$

$$SOC = \sum_{c,s,j} (SOCREF_{c,s,j} * FLU_{c,s,j} * FMGC_{c,s,j} * Flc_{c,s,j} * Ac_{c,s,j})$$

Donde,

$\Delta C_{\text{Minerales}}$  : cambio anual en las existencias de carbono de los suelos minerales, (t C año<sup>-1</sup>).

$SOC_0$ : existencias de carbono orgánico en el suelo en el último año de un período de inventario, (t).

$SOC(0 - T)$ : existencias de carbono orgánico en el suelo en el período de referencia, (t C).

$T$ : cantidad de años de un período de referencia de un inventario dado, año (20 años).

$D$ : dependencia temporal de los factores de cambio de existencias, que es el lapso por defecto para la transición entre los valores de equilibrio del SOC, año. (20 años)

$c, s, j$ :  $c$  representa las zonas climáticas,  $s$  los tipos de suelo y  $j$  el conjunto de sistemas de gestión que se dan en un país dado.

$SOC_{REF}$ : las existencias de carbono orgánico para suelos minerales, (t C ha<sup>-1</sup>).

$FLU$ : factor de cambio de existencias para sistemas de uso de la tierra o subsistemas de un uso de la tierra en particular, (sin dimensión).

---

*FMG*: factor de cambio de existencias para el régimen de gestión, (sin dimensión).

---

*FI*: factor de cambio de existencias para el aporte de materia orgánica, (sin dimensión).

---

*A*: superficie de tierra del estrato que se estima, (ha). Toda la tierra del estrato debe tener condiciones biofísicas (es decir, clima y tipo de suelo) y una historia de gestión durante el período de inventario en común para que se la pueda considerar en su conjunto con fines analíticos.

---

Cabe destacar que, de acuerdo con la representación coherente de la tierra no se pueden determinar los cambios exactos en las categorías de uso de la tierra, por lo que los resultados de esta categoría engloba la variación de materia orgánica de los suelos en general. A su vez, no se estima el balance de carbono en suelo para tierras forestales, humedales y otras tierras, de modo que solo se incluyen los aportes de tierras de cultivo y pastizales.

### **A.V.3.Fuentes agregadas y fuentes de emisión no CO<sub>2</sub> de la tierra**

En esta sección se reportan las emisiones de óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) generadas por los suelos gestionados, incluidas las emisiones directas como las indirectas derivadas de los aportes de nitrógeno (N). También se incluyen las emisiones indirectas de N<sub>2</sub>O asociadas a la gestión del estiércol, producto de procesos como la lixiviación y escorrentía. Por otro lado, se contabilizan las emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) derivadas del uso de fertilizantes a base de urea, mientras que las emisiones vinculadas a la aplicación de materiales de encalado no fueron estimadas.

Asimismo, se incorporan las emisiones provenientes del cultivo de arroz en condiciones inundadas y de la quema de biomasa sin recuperación energética. En este último caso, se realizaron ciertas consideraciones metodológicas. Se consideró que si la quema de biomasa no genera aprovechamiento energético (por ejemplo, en incendios o quemas rutinarias no controladas), las emisiones se asignan al sector AFOLU. En cambio, cuando sí hay recuperación de energía, las emisiones de GEI distintas al CO<sub>2</sub> se reportan en el sector Energía (alcance 1), y el CO<sub>2</sub> se clasifica como biogénico.

### **Emisiones de GEI provenientes de la quema de biomasa**

Las emisiones incluidas en esta categoría corresponden a la combustión de biomasa en ausencia de recuperación energética, en el contexto de cambios en el uso del suelo. Estas emisiones se originan principalmente por la liberación de metano (CH<sub>4</sub>), acompañadas en menor medida por óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), como subproductos de procesos de combustión incompleta.

Se diferencian en esta categoría dos niveles de cálculo distintos, de acuerdo con la información disponible en los inventarios nacionales de GEI. Éstos se expresan en la siguiente tabla.

*Tabla 28: Niveles de cálculo por categoría de quema de biomasa.*

| Código IPCC | Subcategoría IPCC                                                            | Nivel de cálculo |
|-------------|------------------------------------------------------------------------------|------------------|
| 3C1ai       | Quema de biomasa en tierras forestales (Bosque Nativo)                       | Nivel 1          |
| 3C1aai      | Quema de biomasa en tierras forestales (Bosque Cultivado)                    | Nivel 1          |
| 3C1bi       | Quema de biomasa de cultivos                                                 | Nivel 1          |
| 3C1bii      | Quema de biomasa por conversión de tierras forestales en tierras de cultivos | Nivel 2          |
| 3C1ci       | Quema de biomasa de pastizales                                               | Nivel 1          |
| 3C1cii      | Quema de biomasa por conversión de tierras forestales en pastizales          | Nivel 2          |

*Fuente: Elaboración propia..*

Se estimaron las emisiones de CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O asociadas a todas las categorías de quema de biomasa, exceptuando 3C1bii. Las emisiones de CO<sub>2</sub> asociadas a 3C1bii y 3C1cii se encuentran incluidas en las categorías “3B2bi – Tierras forestales convertidas en tierras de cultivo” y “3B3bi – Tierras forestales convertidas en pastizales”, respectivamente. Esto se debe a que se asume que la conversión de tierras forestales se realiza mediante quemas controladas como práctica habitual y las mismas no se encuentran incluidas en las estadísticas de incendios, por lo que las emisiones de CO<sub>2</sub> correspondientes se consideran como cambios en las existencias de carbono. No se estiman las emisiones de CO<sub>2</sub> del resto de las categorías debido a que no se tienen en cuenta ni la emisión de CO<sub>2</sub> por incendio, ni el crecimiento de biomasa en las zonas incendiadas.

Se utiliza como base para el cálculo el Volumen 4, Capítulo 2 “Metodologías Genéricas Aplicables a Múltiples Categorías de Uso de la Tierra” de las Directrices del IPCC de 2006. Para los cálculos de Nivel 1 y 2, se aplica la ecuación 2.27 (ecuación 39). La diferencia entre niveles yace en que, si bien para el segundo no se cuenta con modelos o métodos de cálculo avanzados, si se poseen valores específicos del país de masa de combustible disponible para la combustión; mientras que para el primer nivel se usan datos agregados y FE por defecto.

Ecuación 39: Emisiones provenientes de la quema de biomasa.

$$Lfuego = A * Mb * Cf * Gef * 10^{-3}$$

Donde,

*Lfuego*: cantidad de emisiones de gases de efecto invernadero provocada por el fuego, ton de cada gas de efecto invernadero (GEI)

*A*: superficie quemada, ha

*Mb*: masa de combustible disponible para la combustión, ton ha<sup>-1</sup>. Incluye biomasa, hojarasca molida y madera muerta. Cuando se aplican métodos de Nivel 1, entonces se supone que los depósitos de hojarasca y de madera muerta equivalen a cero, a excepción de los casos en los que hay un cambio en el uso de la tierra

*Cf*: factor de combustión, sin dimensión

*Gef*: Factor de emisión, g kg<sup>-1</sup> de materia seca quemada

### Emisiones de óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) directo proveniente de los suelos gestionados

El óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) es un gas que se genera naturalmente en los suelos a través de dos procesos microbiológicos clave: la nitrificación y la desnitrificación. La nitrificación es una reacción aeróbica en la cual el amonio es oxidado a nitrato por acción de microorganismos, mientras que la desnitrificación ocurre en condiciones anaeróbicas y consiste en la reducción del nitrato hasta nitrógeno molecular (N<sub>2</sub>). Durante estas transformaciones, el N<sub>2</sub>O puede liberarse como subproducto de la nitrificación o como intermediario en la desnitrificación, escapando del entorno microbiano hacia el suelo y posteriormente hacia la atmósfera.

Estas emisiones son directas cuando provienen del mismo suelo que recibe el nitrógeno.

El cálculo de emisiones es de Nivel 1 y sigue la ecuación 11.1 del capítulo 11 del volumen 4 de las directrices del IPCC 2006.

Ecuación 40: emisiones directas anuales de N<sub>2</sub>O producidas a partir de suelos gestionados.

$$N_2O_{directas} - n = N_2O_{n\ aportes} + N_2O_{n os} + N_2O_{n prp}$$

*N<sub>2</sub>O directas - n*: emisiones directas anuales de N<sub>2</sub>O–N producidas a partir de suelos gestionados

*N<sub>2</sub>O<sub>n</sub> aportes*: emisiones directas anuales de N<sub>2</sub>O–N producidas por aportes de N a suelos gestionados

*N<sub>2</sub>O<sub>n</sub> os*: emisiones directas anuales de N<sub>2</sub>O–N de suelos orgánicos gestionados



---

$N_2O_{nprp}$ : emisiones directas anuales de  $N_2O-N$  de aportes de orina y estiércol a tierras de pastoreo

---

Las emisiones directas anuales de  $N_2O-N$  producidas por aportes de N a suelos gestionados están asociadas a la superficie anual de suelos orgánicos gestionados/drenados y no se estiman en este inventario.

*Ecuación 41: Emisiones directas anuales de  $N_2O$  producidas por aportes de N a suelos gestionados.*

$$N_2O_{naportes} = [(f_{sn} + f_{on} + f_{cr} + f_{som}) * EF1] + [(f_{sn} + f_{on} + f_{cr} + f_{som})fr * EF1fr]$$

$f_{sn}$ : cantidad anual de N aplicado a los suelos en forma de fertilizante sintético

---

$f_{on}$ : cantidad anual de estiércol animal, compost, lodos cloacales y otros aportes de N aplicada a los suelos

---

$f_{cr}$ : cantidad anual de N en los residuos agrícolas

---

$f_{som}$ : cantidad anual de N en suelos minerales que se mineraliza, relacionada con la pérdida de C del suelo de la materia orgánica del suelo como resultado de cambios en el uso o la gestión de la tierra

---

$EF1$ : factor de emisión para emisiones de  $N_2O$  de aportes de N

---

$EF1fr$ : factor de emisión para emisiones de  $N_2O$  de aportes de N en plantaciones de arroz inundadas

---

*Ecuación 42: Emisiones directas anuales de  $N_2O$  de aportes de orina y estiércol a tierras de pastoreo*

$$N_2O_{nprp} = [(f_{prp, cpp} * EF3_{prp, cpp}) + (f_{prp, so} * EF3_{prp, so})]$$

$f_{prp}$ : cantidad anual de N de la orina y el estiércol depositada por los animales en pastoreo sobre pasturas, prados y praderas. (Nota: los subíndices CPP y SO se refieren a Vacunos, Aves de corral y Porcinos, y a Ovinos y Otros animales, respectivamente.)

---

$EF3_{prp}$ : factor de emisión para emisiones de  $N_2O$  del N de la orina y el estiércol depositado en pasturas, prados y praderas por animales en pastoreo

---

$f_{cr}$ : cantidad anual de N en los residuos agrícolas

---

$f_{som}$ : cantidad anual de N en suelos minerales que se mineraliza, relacionada con la pérdida de C del suelo de la materia orgánica del suelo como resultado de cambios en el uso o la gestión de la tierra

---

### Emisiones de óxido nitroso ( $N_2O$ ) indirecto de suelos gestionados

Las emisiones indirectas de óxido nitroso ( $N_2O$ ) asociadas a suelos gestionados se originan principalmente a partir de procesos de volatilización y lixiviación de nitrógeno, derivados tanto del uso de fertilizantes, como de las

excretas animales depositadas en pasturas, los residuos de cosecha, la mineralización del N por cambios de uso del suelo y la aplicación de abono orgánico a campo.

Las emisiones de N<sub>2</sub>O por deposición atmosférica de N volatilizado de suelos gestionados se estiman aplicando la Ecuación 11.9 del Capítulo 11, del Volumen 4 de las Directrices IPCC 2006:

*Ecuación 43: Emisiones anuales de N<sub>2</sub>O producidas por deposición atmosférica de N volatilizado en suelos gestionados.*

$$N_2O(atd) - n = [(f_{sn} * frac_{gasf}) + ((f_{on} + f_{prp}) * frac_{gasm})] * FE4$$

*N<sub>2</sub>O(atd) - n*: cantidad anual de N<sub>2</sub>O-N producida por deposición atmosférica de N volatilizado, kg N<sub>2</sub>O-N.

*frac<sub>gasf</sub>*: fracción de N de fertilizantes sintéticos que se volatiliza como NH<sub>3</sub> y NOX, kg N volatilizado/kg N aplicado.

*frac<sub>gasm</sub>*: fracción de N de fertilizantes orgánicos y de orina y estiércol depositada por animales de pastoreo que se volatiliza como NH<sub>3</sub> y NOX, kg N volatilizado/kg N aplicado.

*FE4*: factor de emisión para emisiones de N<sub>2</sub>O de la deposición atmosférica de N en los suelos y superficies de agua (kg N-N<sub>2</sub>O/kg NH<sub>3</sub>-N+NOX-N volatilizado)

Por su parte, las emisiones de N<sub>2</sub>O por lixiviación y escurrimiento se estiman empleando la ecuación 11.10 del Capítulo 11, del Volumen 4 de las Directrices IPCC 2006:

*Ecuación 44: Emisiones anuales de N<sub>2</sub>O producidas por lixiviación y escurrimiento de agregados de nitrógeno a suelos gestionados.*

$$N_2O(l) - n = [(f_{sn} + f_{on} + f_{prp} + f_{cr} + f_{som}) * frac_{lixiviación} - h] * FE5$$

*N<sub>2</sub>O(l) - n*: cantidad anual de N<sub>2</sub>O-n producida por lixiviación y escurrimiento de agregados de nitrógeno a suelos gestionados, en kg N<sub>2</sub>O-n.

*frac<sub>lixiviación</sub>*: fracción del nitrógeno agregado que se mineraliza y se pierde por lixiviación/escurrimiento, en kg n/kg de n agregado.

*FE5*: factor de emisión para emisiones de N<sub>2</sub>O por lixiviación y escurrimiento de nitrógeno, expresado en kg N<sub>2</sub>O-n por kg n lixiviado.

### Aplicación de urea

El uso de urea como fertilizante nitrogenado genera emisiones de CO<sub>2</sub> debido a su descomposición en el suelo. Una vez aplicada, la urea se hidroliza rápidamente en presencia de agua y de la enzima ureasa, liberando amonio (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>), iones

hidroxilo (OH<sup>-</sup>) y bicarbonato (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>). Este último se descompone posteriormente en dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y agua (H<sub>2</sub>O), lo que resulta en la liberación a la atmósfera del carbono originalmente fijado durante la síntesis industrial de la urea.

Para el cálculo de estas emisiones se empleó una metodología de nivel 1, a partir de la ecuación 11.13 del Capítulo 11, del Volumen 4 de las Directrices IPCC DEL 2006:

*Ecuación 45: Emisiones derivadas de la aplicación de urea.*

$$CO_2 - C \text{ Emisión} = M * FE$$

Donde,

---

*CO<sub>2</sub> - C Emisión*: emisiones anuales de C por aplicación de urea, ton C año-1

---

*M*: cantidad anual de fertilización con urea, ton urea año-1

---

*FE*: factor de emisión, ton de C (ton de urea)-1

---

### **Cultivos de arroz**

En el presente inventario, los cultivos de arroz se reportan de manera diferenciada respecto a otros cultivos, dado que constituyen una fuente significativa de emisiones de metano (CH<sub>4</sub>). Este criterio se encuentra alineado a lo establecido en el GPC.

En los arrozales inundados, la descomposición de la materia orgánica bajo condiciones anaeróbicas genera emisiones de metano (CH<sub>4</sub>). La magnitud de estas emisiones anuales está influenciada por diversos factores, como la duración y frecuencia de los cultivos, las prácticas de manejo del agua antes del inicio del cultivo, la aplicación de enmiendas orgánicas e inorgánicas, así como las características del suelo y las condiciones térmicas del ambiente.

Para el cálculo de las emisiones de la presente sección se utilizó el método de nivel 1. Las emisiones de CH<sub>4</sub> se obtienen a partir la ecuación 5.1 del capítulo 5 del Volumen 4 de las Directrices del IPCC 2006:

*Ecuación 46: Emisiones de metano de los cultivos de arroz.*

$$Emisiones CH_4 = FEi * t * A$$

Donde,

---

*FEi*: factor de emisión diario, ajustado de acuerdo a factores de ajuste, por las ecuaciones 5.2 y 5.3 IPCC 2006, ton CH<sub>4</sub> / (ha\*día)

---

*t*: período de cultivo del arroz, días

---

*A*: superficie de cosecha anual de arroz, ha/año

---

# **ANEXO B: DATOS DE ACTIVIDAD**

## **B.I.Energía estacionaria**

### **Centrales eléctricas**

Las centrales eléctricas pertenecen al Alcance 1 del sector de energía estacionaria, ya que sus emisiones provienen de la quema de combustibles dentro del territorio para generar electricidad. El dato de actividad corresponde al consumo de combustible en las plantas generadoras de la provincia.

Según el GPC, estas emisiones no se incluyen en el total del inventario para evitar el doble conteo, por lo que se reportan por separado, siguiendo lo establecido en el capítulo 6.5.2 sobre la distinción entre generación de energía (Alcance 1) y consumo de energía (Alcance 2).

Los datos provienen del Informe Anual 2023 de CAMMESA<sup>12</sup>, que reporta el consumo de gas natural, gas oil y fuel oil, desagregado por tipo de tecnología (turbina a gas, turbina a vapor, ciclo combinado y motor de combustible dual) en cada central de Santa Fe:

- Brigadier López
- Ceres - Secco
- Molinos Agro AG
- Cañada de Gómez - Secco
- Villa Ocampo - Secco
- Rafaela - Secco
- Pérez - Secco
- Renova - Albanesi Energía
- Rufino - Enarsa
- Térmica Sorrento
- Terminal 6 Cogeneración Puerto
- Termoeléctrica - José San Martín S.A.
- Vuelta de Obligado
- Venado Tuerto - Secco

### **Conversión de unidades y Factores de conversión**

En las estadísticas energéticas de CAMMESA, el consumo de combustibles se reporta en unidades físicas de volumen o masa según el tipo de energético:

- Gas natural: decámetros cúbicos (dam<sup>3</sup>)
- Gas oil: metros cúbicos (m<sup>3</sup>)
- Fuel oil: toneladas (ton)

---

<sup>12</sup> [CAMMESA](#), empresa encargada de operar el mercado eléctrico mayorista de Argentina.

Para la estimación de emisiones en este informe, fue necesario convertir estos valores a toneladas equivalentes de petróleo (tep) con el fin de expresarlos en unidades de energía. La conversión se realizó utilizando los poderes caloríficos inferiores (PCI) específicos de cada combustible, de acuerdo con las referencias mencionadas en la siguiente Tabla:

*Tabla 29: Parámetros para la conversión a unidades de energía*

| Combustible | Unidad (CMMESA) | PCI kcal/unidad | Fuente PCI                         | TEP/kcal  | Factor de conversión TEP/unidad |
|-------------|-----------------|-----------------|------------------------------------|-----------|---------------------------------|
| Gas natural | m <sup>3</sup>  | 9.300           | ENARGAS <sup>13</sup>              | 0,0000001 | 0,00093                         |
| Gasoil      | m <sup>3</sup>  | 8.616.000       | BEN 2022 <sup>14</sup>             | 0,0000001 | 0,8616                          |
| Fueloil     | ton             | 9.800.000       | Secretaría de Energía de la Nación | 0,0000001 | 0,98                            |

*Fuente: Elaboración propia, en base a las fuentes mencionadas*

Estos factores de conversión permitieron homogeneizar las unidades y facilitar el cálculo de emisiones en términos energéticos.

## **Consumo de Electricidad**

Las emisiones derivadas del consumo de electricidad suministrada por la red corresponden al Alcance 2 del inventario. Estas se generan cuando los edificios e instalaciones consumen energía eléctrica producida en centrales que pueden estar dentro o fuera del territorio provincial.

Para la estimación de estas emisiones, los datos de actividad fueron proporcionados por la Empresa Provincial de la Energía (EPE)<sup>15</sup>. La información recibida detalla el consumo total provincial en megavatio hora (MWh), diferenciando entre pequeñas y grandes demandas, según la clasificación utilizada por la EPE.

La segmentación de usuarios reportada por la EPE se basa en los códigos de la Clasificación Nacional de Actividades Económicas (CIIU Rev. 2)<sup>16</sup>. Para garantizar la coherencia metodológica con el GPC, se realizó una correlación entre esta clasificación y la tipología de consumidores establecida en el protocolo. La Tabla 30 muestra estas equivalencias:

<sup>13</sup> [Ente Nacional Regulador del Gas \(ENARGAS\)](#)

<sup>14</sup> [Balance Energético Nacional 2022 \(BEN\)](#), Secretaría de Energía de la Nación.

<sup>15</sup> [Empresa Provincial de la Energía \(EPE\)](#)

<sup>16</sup> [Clasificación Nacional de Actividades Económicas \(CIIU Rev. 2\)](#)

Tabla 30: Equivalencias de los Usuarios EPE con los Subsectores del GPC

| Código GPC | Subsector GPC                                           | Usuario provisto (EPE)                                              |
|------------|---------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|
| I.1        | Edificios residenciales                                 | Residencial                                                         |
| I.2        | Edificios e instalaciones comerciales e institucionales | Comercial                                                           |
|            |                                                         | Oficial                                                             |
|            |                                                         | Alambrado público                                                   |
|            |                                                         | Electricidad, Gas y Agua                                            |
|            |                                                         | Comercio al por mayor y por menor, restaurantes y hoteles           |
|            |                                                         | Transporte, almacenamiento y comunicaciones                         |
|            |                                                         | Establecimientos financieros, bienes inmuebles, seguros y servicios |
|            |                                                         | Servicios Comunales, Sociales y Personales                          |
|            |                                                         | Otros Distribuidores Provinciales                                   |
| I.3        | Industrias de fabricación y construcción                | Industrial                                                          |
|            |                                                         | Explotación de minas y canteras                                     |
|            |                                                         | Industrias manufactureras                                           |
|            |                                                         | Construcción                                                        |
| I.5        | Actividades de la agricultura, silvicultura y pesca     | Rural                                                               |
|            |                                                         | Agricultura, caza, silvicultura y pesca                             |
| I.6        | Fuentes no especificadas                                | Riego artificial                                                    |
|            |                                                         | Peajes MEM                                                          |
|            |                                                         | Otros conceptos                                                     |

Fuente: Elaboración propia.

### Pérdidas por distribución y transmisión de energía

Durante la transmisión y distribución de electricidad, una parte de la energía generada en las centrales eléctricas se pierde antes de llegar al consumidor final. Las emisiones asociadas a estas pérdidas corresponden al Alcance 3, ya que están fuera de los límites operativos directos de la provincia.

Para estimar estas pérdidas, se utilizaron datos del Balance Energético Nacional 2022 de la Secretaría de Energía. Se calculó un porcentaje nacional de pérdidas en función de la oferta total de energía, considerando la producción, importaciones y exportaciones de electricidad:

*Ecuación 47: Obtención del porcentaje de pérdidas de electricidad por transmisión y distribución.*

$$\text{Porcentaje de pérdidas de } e = \text{Pérdidas } e / (\text{Producción } e + \text{Importación } e - \text{Exportaciones } e)$$

Donde,

*e*: energía

Este porcentaje permite estimar la energía no entregada a los consumidores finales debido a ineficiencias en la red de transmisión y distribución.

### **Autoconsumo**

El autoconsumo de electricidad en las operaciones auxiliares de las plantas de generación de la provincia de Santa Fe se estimó a partir de la base de datos del Informe Anual 2023 de CAMMESA.

Se calculó un porcentaje nacional de autoconsumo a partir de la relación entre la energía eléctrica producida en centros de transformación y el consumo propio de las plantas de generación. Luego, este porcentaje se aplicó a la generación neta de la provincia de Santa Fe, para estimar el consumo de electricidad utilizado internamente en las plantas de generación dentro del territorio provincial. Este valor, se encuentra en unidades de megavatio hora (Mwh).

*Ecuación 48: Obtención del porcentaje de autoconsumo en plantas de energía.*

$$\% \text{ autoconsumo } N = \frac{EE \text{ ct}}{Ac \text{ Nac}}$$

$$\text{Autoconsumo Santa Fe (Mwh)} = \text{Generación neta Santa Fe} * \% \text{ autoconsumo } N$$

Donde,

*% autoconsumo N*: porcentaje de autoconsumo Nacional (%)

*EE ct*: Energía eléctrica producida en centros de transformación (MTEP)

*Ac Nac*: Autoconsumo Nacional (MTEP)

*Generación neta Santa Fe*: (Mwh)

### **Biocombustibles**

En este inventario se consideran dos tipos de biocombustibles utilizados en los distintos subsectores: biodiesel y bioetanol. Los datos sobre biocombustibles se estiman a partir de las Tablas dinámicas SESCO de Refinación y Comercialización de Petróleo, Gas y Derivados, publicadas por la Secretaría de Energía de la

Nación<sup>17</sup>, que reportan las ventas segregadas por tipo de combustible, provincia y sector.

Para la asignación de los volúmenes de biocombustibles por sector, se utilizaron:

1. Los **volúmenes totales de combustible (gasoil y nafta) consumidos** en cada sector a nivel nacional.

Se identificaron los sectores consumidores de gasoil cortado con biodiésel, junto con sus volúmenes totales de consumo por tipo (Gas Oil Grado 2 y Grado 3), según el Primer Informe Bienal de Transparencia (IBT1). A partir de estos datos, se calculó la participación de cada sector en el consumo total de gasoil y se estableció su correspondencia con los subsectores del GPC.

De igual forma, se identificaron los sectores consumidores, junto con los volúmenes de nafta consumidos por tipo (Nafta súper entre 92 y 95 Ron (Grado 2) y Nafta premium de más de 95 Ron (Grado 3), con base en el IBT1. A partir de la participación de cada sector en el consumo total de bioetanol, se estableció la equivalencia con los subsectores del GPC.

2. Los **porcentajes de corte** para el biodiesel y el bioetanol, en diesel y nafta respectivamente a nivel provincial.

La resolución 438/2022 establece el porcentaje obligatorio de biodiesel en 7.5% mientras que el porcentaje de corte de naftas con bioetanol es del 12% acorde al marco regulatorio de biocombustibles (Ley 27.640/2021).

En la Tabla 31 se puede identificar los sectores consumidores de biodiesel y bioetanol:

*Tabla 31: Sectores consumidores de Biodiesel y Bioetanol*

| Código IPCC | Subcategoría IPCC                                 | Tablas Sesco   | Consumo de biocombustible |
|-------------|---------------------------------------------------|----------------|---------------------------|
| I.3         | Actividades agrícolas, de silvicultura y de pesca | Agro           | Biodiesel y bioetanol     |
| I.5         | Construcción e industrias manufactureras          | Otros sectores | Biodiesel y bioetanol     |

*Fuente: Elaboración propia.*

Por último, las emisiones provenientes de los biocombustibles se declaran como elemento separado informativo, debido al balance neutro de CO<sub>2</sub> de todos los combustibles de origen biológico. Es decir, que, tal como lo especifican las Directrices del IPCC 2006 en su volumen 2, capítulo 3, sección 3.2.1.1, aunque las emisiones de CO<sub>2</sub> del Carbono biogénico no estén incluidas en los totales nacionales, la quema de biocombustibles en las fuentes móviles genera CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O antropogénicos, que deben calcularse y declararse en las estimaciones de las emisiones.

<sup>17</sup> Fuente: Refinación y Comercialización de Petróleo, Gas y Derivados (Tablas Dinámicas). Provincia de Santa Fe, 2022. (TD\_Ventas\_mercado)



## Otros combustibles líquidos

El consumo de gasoil, nafta, kerosene, aerokerosene, aeronafta y fuel oil en la provincia de Santa Fe se obtuvo de las Tablas dinámicas SESCO<sup>18</sup>, una herramienta dinámica de acceso libre que reporta mensualmente la actividad hidrocarburífera del país. Esta base de datos, publicada por la Secretaría de Energía de la Nación, permite filtrar la información por provincia, año y tipo de combustible, proporcionando los volúmenes de ventas según el sector de comercialización.

La secuencia de recolección de los datos de actividad fue de la siguiente:

1. Acceso a la fuente de datos: se ingresó a las tablas SESCO, sección "Refinación y Comercialización de Petróleo, Gas y Derivados", seleccionando la categoría de Ventas al Mercado.
2. Selección de información relevante: se extrajeron los volúmenes de ventas para cada tipo de combustible y sector, filtrando la información para Santa Fe y el año 2022.
3. Ajuste por biocombustibles: en el caso del gasoil y la nafta, se descontó el volumen correspondiente a la mezcla con biodiésel y bioetanol. Esta corrección se realizó restando, dentro de cada sector, el porcentaje de gasoil o nafta sobre el total, aplicado a la suma de los volúmenes de biocombustibles.

En la Tabla 32 se muestran las equivalencias de los sectores en las Tablas SESCO con las categorías del GPC:

Tabla 32: equivalencias de los Sectores SESCO con las categorías del GPC

| Código GPC | Subcategoría GPC                                    | Tablas SESCO             | Combustibles                                                                                                                                          |
|------------|-----------------------------------------------------|--------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| I.1        | Edificios residenciales                             | Al público*              | <ul style="list-style-type: none"><li>• Kerosene</li></ul>                                                                                            |
| I.3        | Construcción e industrias manufactureras            | Otros sectores**         | <ul style="list-style-type: none"><li>• Nafta</li><li>• Gasoil</li><li>• Kerosene</li><li>• Fueloil</li><li>• Bioetanol</li><li>• Biodiesel</li></ul> |
|            |                                                     | Industrias petroquímicas |                                                                                                                                                       |
| I.5        | Actividades de la agricultura, silvicultura y pesca | Agro                     |                                                                                                                                                       |

Fuente: Elaboración propia.

\*Sólo aplica para la venta de kerosene al público que equivale al sector residencial.

\*\* Excepto para la venta de aerocombustibles (aerokerosene y aeronafta) que se incluyen en el sector de la aviación.

Por último, se destaca que el consumo de combustibles total (naftas, gasoil y kerosene) para las actividades de la agricultura, silvicultura y pesca se incluyen en esta categoría, para seguir con la metodología del GPC.

<sup>18</sup> [Tablas Dinámicas SESCO](#)

## Gas Licuado

Se presentaron limitaciones para obtener el volumen de este combustible, consumido dentro de los límites de la provincia. Para ello, en la mayoría de los sectores consumidores de gas licuado, se calculó un indicador per cápita nacional con datos del Balance Energético Nacional (BEN) 2022.

Para garantizar la coherencia metodológica, se estableció la siguiente correspondencia entre los sectores del BEN y los subsectores definidos por el GPC:

*Tabla 33: Equivalencias entre los sectores del BEN y los Subsectores del GPC*

| Código GPC | Subcategoría GPC                                        | Sector BEN 2022     |
|------------|---------------------------------------------------------|---------------------|
| I.1        | Edificios residenciales                                 | Residencial         |
| I.2        | Edificios e instalaciones comerciales e institucionales | Comercial y público |
| I.3        | Construcción e industrias manufactureras                | Industria           |
| I.5        | Actividades de la agricultura, silvicultura y pesca     | Agropecuario        |

*Fuente: Elaboración propia.*

## Criterios de estimación del consumo de gas licuado por sector

Para los sectores comercial y público, industrial y agropecuario, el consumo provincial se estimó aplicando el indicador per cápita nacional, calculado como la relación entre el consumo total de gas licuado en el BEN 2022 y la población nacional. Luego, este valor se aplicó a la población de Santa Fe para obtener la estimación provincial:

*Ecuación 49: Aplicación de factor per cápita.*

$$DA \text{ Santa FE} = \text{Dato BEN 2022 Nacional} * P \text{ Santa Fe 2022} / P \text{ Nacional 2022}$$

Donde,

---

*P Nacional 2022:* Población nacional 2022(45.892.285 habitantes)

---

*P Santa Fe 2022:* Población Santa Fe 2022 (3.544.908 habitantes)

---

*(Fuente: Instituto Nacional de Estadísticas y Censos INDEC, 2023)*

En el sector residencial se utilizó un enfoque diferente. En este caso, se ajustó el dato nacional a nivel provincial utilizando el porcentaje de hogares en Santa Fe que emplean gas en tubo y gas en garrafa como principal fuente para cocinar, en relación con el total nacional. Este porcentaje se calculó en base a los datos del Censo 2022 (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, INDEC).

*Ecuación 50: Obtención del porcentaje de viviendas que utilizan gas licuado como principal fuente para cocinar.*

$$\% = P \text{ en viviendas con gas licuado en Santa Fe} / P \text{ en viviendas con gas licuado a nivel nacional}$$

## **Gas Natural**

El consumo de gas natural en la provincia de Santa Fe se obtuvo a partir de los datos operativos del Ente Nacional Regulador del Gas (ENARGAS), organismo responsable de la distribución y el transporte de gas en Argentina.

Este combustible es utilizado tanto en el sector de energía estacionaria como en transporte, y en ambos casos, los datos de actividad se expresan en metros cúbicos (m³). La información publicada por ENARGAS está disponible de forma pública y distingue entre distintas categorías de usuarios, permitiendo su correlación con los subsectores definidos en el GPC.

Para asegurar la coherencia con las directrices del inventario, se siguieron algunos criterios de estimación:

- Se utilizaron los volúmenes de gas entregados por ENARGAS.
- Se consideró la presencia de las dos distribuidoras dentro del territorio provincial: Litoral Gas S.A. y ENERFE.
- Se asumió que los datos reportados por ENARGAS incluyen los volúmenes entregados por ambas distribuidoras.
- Las categorías informadas por ENARGAS resultan compatibles con la desagregación requerida para el IGEI.

En la Tabla 34 se muestran las equivalencias entre los usuarios de ENARGAS y los subsectores del GPC correspondientes:

Tabla 34: Equivalencias entre los Usuarios provistos por Enargas y los Subsectores del GPC

| Código GPC | Subsector GPC                                           | Usuario provisto (ENARGAS)               |
|------------|---------------------------------------------------------|------------------------------------------|
| I.1        | Edificios residenciales                                 | Residencial                              |
| I.2        | Edificios e instalaciones comerciales e institucionales | Comercial                                |
|            |                                                         | Entes oficiales (ver si va a transporte) |
| I.3        | Industrias de fabricación y construcción                | Aceitera                                 |
|            |                                                         | Alimenticia                              |
|            |                                                         | Automotriz                               |
|            |                                                         | Bebidas                                  |
|            |                                                         | Celulosa y papelera                      |
|            |                                                         | Cerámica                                 |
|            |                                                         | Cristalería                              |
|            |                                                         | Cuero                                    |
|            |                                                         | Frigorífica                              |
|            |                                                         | Metalúrgica ferrosa                      |
|            |                                                         | Metalúrgica no ferrosa                   |
|            |                                                         | Petroquímica                             |
|            |                                                         | Química                                  |
|            |                                                         | Siderurgia                               |
|            |                                                         | Otras industrias                         |

Fuente: Elaboración propia.

Los volúmenes totales de gas natural para el sector de energía estacionaria son también el dato de actividad que alimenta al cálculo de emisiones fugitivas asociadas a los sistemas de distribución de dicho energético.

## Leña

La provincia de Santa Fe presentó las mismas limitaciones que en el caso del gas licuado para la obtención de datos de actividad. Por ello, se recurrió a los datos del Balance Energético Nacional (BEN) 2022.

Para garantizar la coherencia metodológica, se estableció la correspondencia entre los sectores del BEN y los subsectores del GPC, utilizando la misma clasificación que en la sección de gas licuado.

### Criterios de estimación del consumo de leña

- **Comercial y público, industrial y agropecuario:** El consumo provincial se estimó aplicando el indicador per cápita nacional, obtenido como la relación entre el consumo total de leña en el BEN 2022 y la población nacional. Luego, este valor se ajustó a la población de Santa Fe para obtener la estimación provincial.
- **Residencial:** Se utilizó el porcentaje de hogares en Santa Fe que emplean leña o carbón para cocinar, según el Censo 2022 del INDEC. Este porcentaje se aplicó al consumo nacional de leña en el sector residencial reportado en el BEN 2022, permitiendo obtener una estimación ajustada para la provincia.

### Consumo de leña para la fabricación del carbón

El proceso de producción de carbón vegetal implica el uso de leña como único combustible, dado que no se dispone de fuentes que reporten otro tipo de insumo energético en carboneras de la provincia. Para estimar el consumo de leña en la producción de carbón vegetal, se aplicó el ratio de conversión nacional calculado en base a los datos del Balance Energético Nacional 2022, el cual indica que se requieren 1,478 toneladas equivalentes de petróleo (TEP) de leña por cada TEP de carbón producido.

Luego, se obtuvo el dato de la producción de carbón vegetal en toneladas a partir de los datos del Programa Nacional de Estadística Forestal<sup>19</sup>. Utilizando el ratio de conversión nacional, el consumo de leña estimado en la provincia para este proceso fue 3.422,89 toneladas (equivalente a 1.275,4 TEP).

*Ecuación 51: Estimación del consumo de leña.*

$$\text{Consumo Leña} = P. \text{Carbón vegetal} * \text{ratio nacional}$$

Para la conversión de energía, se utilizaron los siguientes parámetros:

- Valor calórico neto: 15,6 TJ/Gg<sup>20</sup>
- Conversión tonelada a gigagramo (Gg): 0,001.
- Conversión TEP a TJ: 41,868 TJ/ktep.

### Carbón

El dato de actividad utilizado para estimar las emisiones fugitivas asociadas a la producción de carbón vegetal corresponde al volumen total producido, expresado en toneladas. Esta información fue extraída del Anuario de Estadística Forestal 2022 del Programa Nacional de Estadística Forestal, elaborado por la Dirección de Bosques del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MAyDS). Este dato

---

<sup>19</sup> [Anuario 2022, Dirección de Bosques - MAyDS](#)

<sup>20</sup> IPCC 2006, Vol. 2, Capítulo.1, Tabla 1.2

resulta fundamental para cuantificar las emisiones generadas durante el proceso de carbonización, conforme a lo establecido en las Directrices del IPCC.

## **Resumen DA para el sector Energía Estacionaria**

A continuación en la Tabla 35 se resumen los datos de actividad utilizados en el sector de la Energía Estacionaria durante el período de análisis.

*Tabla 35: Datos de actividad del sector Energía Estacionaria*

| Ref. GPC     | Fuente de emisión                                                                                | Consumo anual 2022 | Unidad         |
|--------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|----------------|
| <b>I.</b>    | <b>Energía estacionaria</b>                                                                      |                    |                |
| <b>I.1</b>   | <b>Edificios residenciales</b>                                                                   |                    |                |
| <b>I.1.1</b> | <b>Consumo de combustible dentro de los límites provinciales</b>                                 |                    |                |
|              | Gas natural                                                                                      | 599.245.000        | m <sup>3</sup> |
|              | Otros combustibles líquidos (kerosene)                                                           | 753                | m <sup>3</sup> |
|              | Leña                                                                                             | 6.607              | Tep            |
|              | Gas licuado (envasado)                                                                           | 128.464            | Tep            |
| <b>I.1.2</b> | <b>Consumo de energía eléctrica proveniente de la red en el sector residencial</b>               |                    |                |
|              | Energía eléctrica (Residencial)                                                                  | 3.320.735          | MWh            |
| <b>I.1.3</b> | <b>Pérdidas por transmisión y distribución de energía eléctrica suministrada por la red.</b>     |                    |                |
|              | Consumo de energía eléctrica por pérdidas de T&D.                                                | 625.958            | MWh            |
| <b>I.2</b>   | <b>Edificios comerciales e institucionales</b>                                                   |                    |                |
| <b>I.2.1</b> | <b>Consumo de combustible dentro de los límites provinciales</b>                                 |                    |                |
|              | Gas natural                                                                                      | 114.046.000        | m <sup>3</sup> |
|              | Leña                                                                                             | 3.303              | Tep            |
|              | Gas licuado (envasado)                                                                           | 18.309             | Tep            |
| <b>I.2.2</b> | <b>Consumo de energía eléctrica proveniente de la red en el sector comercial e institucional</b> |                    |                |
|              | Energía eléctrica (Comercial e institucional)                                                    | 3.335.165          | MWh            |
| <b>I.2.3</b> | <b>Pérdidas por transmisión y distribución de energía eléctrica suministrada por la red.</b>     |                    |                |
|              | Consumo de energía eléctrica por pérdidas de T&D.                                                | 628.678            | MWh            |
| <b>I.3</b>   | <b>Industrias de manufactura y construcción</b>                                                  |                    |                |
| <b>I.3.1</b> | <b>Consumo de combustible en el sector industrial</b>                                            |                    |                |
|              | Gas natural                                                                                      | 2.558.206.076      | m <sup>3</sup> |
|              | Leña                                                                                             | 6.607              | Tep            |

|                |                                                                                                                                                   |             |                |
|----------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|----------------|
|                | Nafta                                                                                                                                             | 37.962      | m <sup>3</sup> |
|                | Gasoil                                                                                                                                            | 78.312      | m <sup>3</sup> |
|                | Kerosene                                                                                                                                          | 1.067       | m <sup>3</sup> |
|                | Fueloil                                                                                                                                           | 12.329      | Ton            |
|                | Bioetanol                                                                                                                                         | 4.913       | m <sup>3</sup> |
|                | Biodiesel                                                                                                                                         | 7.474       | m <sup>3</sup> |
|                | Gas licuado (envasado)                                                                                                                            | 16.783      | Tep            |
| <b>I.3.2</b>   | <b>Consumo de energía eléctrica proveniente de la red en el sector industrial</b>                                                                 |             |                |
|                | Energía eléctrica (Industrial)                                                                                                                    | 1.700.417   | MWh            |
| <b>I.3.3</b>   | <b>Pérdidas por transmisión y distribución de energía eléctrica suministrada por la red.</b>                                                      |             |                |
|                | Consumo de energía eléctrica por pérdidas de T&D.                                                                                                 | 320.528     | MWh            |
| <b>I.4</b>     | <b>Industrias energéticas</b>                                                                                                                     |             |                |
| <b>I.4.1</b>   | <b>Energía utilizada en las operaciones auxiliares de centrales eléctricas dentro de la provincia</b>                                             |             |                |
| <b>I.4.1.a</b> | <b>Energía auxiliar utilizada en producción de energía eléctrica y calor</b>                                                                      |             |                |
|                |                                                                                                                                                   |             |                |
| <b>I.4.1.b</b> | <b>Consumo de energía utilizada en refinación de petróleo</b>                                                                                     |             | <b>NO</b>      |
| <b>I.4.1.c</b> | <b>Consumo de energía utilizada en fabricación de combustibles sólidos</b>                                                                        |             |                |
|                | Leña                                                                                                                                              | 3.422       | Ton            |
| <b>I.4.2</b>   | <b>Consumo de energía eléctrica proveniente de la red en el sector energético (autoconsumo)</b>                                                   |             |                |
|                | Consumo de la red eléctrica en operaciones auxiliares de las plantas de energía dentro de la provincia (autoconsumo)                              | 291.395     | MWh            |
| <b>I.4.3</b>   | <b>Pérdidas por transmisión y distribución de energía eléctrica suministrada por la red.</b>                                                      |             |                |
|                | Consumo de energía eléctrica por pérdidas de T&D del consumo de energía suministrada en red en las operaciones auxiliares de centrales eléctricas | 54.928.096  | MWh            |
| <b>I.4.4</b>   | <b>Consumo de energía suministrada en red en las operaciones auxiliares de centrales eléctricas</b>                                               |             |                |
|                | Gas Natural                                                                                                                                       | 981.628.200 | m <sup>3</sup> |
|                | Gasoil                                                                                                                                            | 919.287     | m <sup>3</sup> |
|                | Fueloil                                                                                                                                           | 116.442     | m <sup>3</sup> |
| <b>I.5</b>     | <b>Actividades Agrícolas, silvicultura y pesca</b>                                                                                                |             |                |
| <b>I.5.1</b>   | <b>Consumo de combustible en el sector Agrícola, silvicultura y pesca</b>                                                                         |             |                |
|                | Naftas                                                                                                                                            | 4.592       | m <sup>3</sup> |
|                | Gasoil                                                                                                                                            | 392.397     | m <sup>3</sup> |

|              |                                                                                                                      |               |                |
|--------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|----------------|
|              | Bioetanol                                                                                                            | 594           | m <sup>3</sup> |
|              | Biodiesel                                                                                                            | 37.934        | m <sup>3</sup> |
|              | Kerosene                                                                                                             | 18            | m <sup>3</sup> |
|              | Gas licuado (envasado)                                                                                               | 7.628         | Tep            |
| <b>I.5.2</b> | <b>Consumo de energía eléctrica proveniente de la red en el sector Agrícola, silvicultura y pesca</b>                |               |                |
|              | Energía eléctrica (a,syp)                                                                                            | 185.459       | Mwh            |
| <b>I.5.3</b> | <b>Pérdidas por transmisión y distribución de energía eléctrica suministrada por la red.</b>                         |               |                |
|              | Consumo de energía eléctrica por pérdidas de T&D.                                                                    | 34.959        | Mwh            |
| <b>I.6</b>   | <b>Fuentes no especificadas</b>                                                                                      |               |                |
| <b>I.5.1</b> | <b>Consumo de combustible en el sector Fuentes no especificadas</b>                                                  |               | <b>NO</b>      |
| <b>I.6.2</b> | <b>Consumo de energía eléctrica proveniente de la red en el sector Fuentes no especificadas</b>                      |               |                |
|              | Energía eléctrica (Fuentes no especificadas)                                                                         | 1.433.740     | Mwh            |
| <b>I.6.3</b> | <b>Pérdidas por transmisión y distribución de energía eléctrica suministrada por la red.</b>                         |               |                |
|              | Consumo de energía eléctrica por pérdidas de T&D.                                                                    | 270.259       | Mwh            |
| <b>I.7</b>   | <b>Emisiones fugitivas provenientes de la minería, el procesamiento, el almacenamiento y el transporte de carbón</b> |               |                |
|              | Carbón                                                                                                               | 2.315         | ton            |
| <b>I.8</b>   | <b>Emisiones fugitivas provenientes de los sistemas de petróleo y gas natural</b>                                    |               |                |
|              | Gas natural distribuido                                                                                              | 3.462.570.000 | m <sup>3</sup> |

*Fuente: Elaboración propia.*

## **B.II.Transporte**

### **Biocombustibles y otros combustibles líquidos**

El consumo de biocombustibles y otros combustibles líquidos en el sector transporte se obtuvo de las Tablas dinámicas SESCO, siguiendo el mismo procedimiento que para el sector de energía estacionaria. A través de la sección "Refinación y Comercialización de Petróleo, Gas y Derivados", se seleccionó la categoría "Ventas al Mercado" y se extrajeron los volúmenes de ventas para cada tipo de combustible utilizado en el transporte. La información se filtró específicamente para la provincia de Santa Fe y el año 2022.

A continuación, se presenta en la Tabla 36 el detalle de equivalencias para las categorías del GPC y los usuarios de las Tablas SESCO por tipo de combustible:



Tabla 36: Equivalencias entre las Tablas SESCO y los subsectores del GPC

| Código GPC | Subcategoría GPC         | Sector Tablas SESCO             | Combustible                                                                                                            |
|------------|--------------------------|---------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| II.1       | Transporte por carretera | Al público                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Naftas</li> <li>• Gasoil</li> <li>• Bioetanol</li> <li>• Biodiesel</li> </ul> |
|            |                          | Transporte de cargas            | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Naftas</li> <li>• Gasoil</li> <li>• Bioetanol</li> <li>• Biodiesel</li> </ul> |
|            |                          | Transporte público de pasajeros | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Nafta</li> <li>• Gasoil</li> <li>• Bioetanol</li> <li>• Biodiesel</li> </ul>  |
|            |                          | Estado                          | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Nafta</li> <li>• Gasoil</li> <li>• Bioetanol</li> <li>• Biodiesel</li> </ul>  |
| II.2       | Ferrovial                | Transporte ferroviario          | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Gasoil</li> </ul>                                                             |
| II.3       | Transporte fluvial       | Otros sectores                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fueloil</li> </ul>                                                            |
|            |                          | Bunker cabotaje                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Nafta</li> <li>• Bioetanol</li> </ul>                                         |
| II.4       | Aviación                 | Otros sectores                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aerokerosene</li> <li>• Aeronafta</li> </ul>                                  |
|            |                          | Bunker cabotaje                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aerokerosene</li> <li>• Aeronafta</li> </ul>                                  |
|            |                          | Bunker internacional            | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aerokerosene</li> </ul>                                                       |
|            |                          | Estado                          | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aeronafta</li> </ul>                                                          |

Fuente: Elaboración propia.

### Gas natural comprimido (GNC)

El consumo de GNC en el sector transporte se obtiene, al igual que el gas natural para energía estacionaria, de los datos operativos de ENARGAS, organismo bajo la órbita de la Secretaría de Gobierno de Energía.

En este caso, el consumo de GNC se reporta de forma desagregada, permitiendo su asignación específica dentro del sector transporte.

### Resumen DA para el sector transporte

A continuación en la Tabla 37 se resumen los datos de actividad utilizados en el sector del Transporte durante el período de análisis.

Tabla 37: Datos de actividad para el sector Transporte

| Ref. GPC | Fuente de emisión                                                                                                                                | Consumo anual 2022 | Unidad         |
|----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|----------------|
| II       | Transporte                                                                                                                                       |                    |                |
| II.1     | Transporte por carretera                                                                                                                         |                    |                |
| II.1.1   | Consumo de combustible dentro de los límites provinciales                                                                                        |                    |                |
|          | GNC                                                                                                                                              | 192.579.000        | m <sup>3</sup> |
|          | Naftas                                                                                                                                           | 691.539            | m <sup>3</sup> |
|          | Gasoil                                                                                                                                           | 689.586            | m <sup>3</sup> |
|          | Bioetanol                                                                                                                                        | 95.096             | m <sup>3</sup> |
|          | Biodiesel                                                                                                                                        | 117.592            | m <sup>3</sup> |
| II.1.2   | Consumo de energía eléctrica proveniente de la red en el transporte por carretera                                                                |                    | IE             |
| II.1.3   | Desplazamientos transfronterizos que se producen fuera de los límites provinciales, y pérdidas de T&D del consumo de energía suministrada en red |                    | IE             |
| II.2     | Ferroviario                                                                                                                                      |                    |                |
| II.2.1   | Consumo de combustible dentro de los límites provinciales                                                                                        |                    |                |
|          | Gasoil                                                                                                                                           | 1.339              | m <sup>3</sup> |
| II.2.2   | Consumo de energía eléctrica proveniente de la red para los ferrocarriles                                                                        |                    | IE             |
| II.2.3   | Desplazamientos transfronterizos que se producen fuera de los límites provinciales, y pérdidas de T&D del consumo de energía suministrada en red |                    | IE             |
| II.3     | Transporte fluvial                                                                                                                               |                    |                |
| II.3.1   | Consumo de combustible dentro de los límites provinciales                                                                                        |                    |                |
|          | Nafta                                                                                                                                            | 134                | m <sup>3</sup> |
|          | Fuel oil                                                                                                                                         | 78                 | ton            |
|          | Bioetanol                                                                                                                                        | 17                 | m <sup>3</sup> |
| II.3.2   | Consumo de energía eléctrica proveniente de la red para la navegación marítima, fluvial y lacustre                                               |                    | NO             |
| II.3.3   | Desplazamientos transfronterizos que se producen fuera de los límites provinciales, y pérdidas de T&D del consumo de energía suministrada en red |                    | NO             |
| II.4     | Aviación                                                                                                                                         |                    |                |
| II.4.1   | Consumo de combustible dentro de los límites provinciales                                                                                        |                    |                |
|          | Kerosene                                                                                                                                         | 26                 | m <sup>3</sup> |
|          | Aerokerosene                                                                                                                                     | 18.633             | m <sup>3</sup> |

|        |                                                                                                                                                  |     |                |
|--------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|----------------|
|        | Aeronauta                                                                                                                                        | 562 | m <sup>3</sup> |
| II.4.2 | Consumo de energía eléctrica proveniente de la red para la aviación                                                                              |     | NO             |
| II.4.3 | Desplazamientos transfronterizos que se producen fuera de los límites provinciales, y pérdidas de T&D del consumo de energía suministrada en red |     | NO             |
| II.5   | Transporte fuera de carretera                                                                                                                    |     |                |
| II.5.1 | Consumo de combustible dentro de los límites provinciales                                                                                        |     | IE             |
| II.5.2 | Consumo de energía eléctrica proveniente de la red para el transporte fuera de carretera                                                         |     | IE             |
| II.5.3 | Desplazamientos transfronterizos que se producen fuera de los límites provinciales, y pérdidas de T&D del consumo de energía suministrada en red |     | IE             |

*Fuente: Elaboración propia.*

## **B.III.Residuos**

La generación y la gestión de los desechos constituyen la base para la obtención de datos de actividad utilizados en la estimación de emisiones. Estos datos incluyen el volumen generado, su composición y los métodos de disposición, como eliminación en vertederos, tratamiento biológico e incineración. Además, la cantidad y características de los residuos varían según factores como la situación económica, estructura industrial, normativas ambientales y hábitos de consumo, influyendo directamente en las emisiones resultantes.

### **B.III.1.1 Rellenos sanitarios y sitios no categorizados**

#### **Rellenos sanitarios**

El dato de actividad para la disposición de residuos en rellenos sanitarios corresponde a la cantidad de residuos sólidos urbanos (RSU) ingresados diariamente (ton/día) en cada relleno de la provincia. Esta información fue proporcionada por la Dirección Provincial de Residuos, que relevó la capacidad de operación de los sitios de disposición final en toneladas por día. Luego, se estimaron las capacidades de operación anuales, considerando los 365 días del año. En la Tabla 38 se observa la capacidad anual estimada para cada uno de los centros de disposición de residuos ubicados dentro de la provincia:

Tabla 38: Sitios de disposición final (Rellenos Sanitarios) y respectivas capacidades anuales.

| Nombre                      | Operador                          | Ubicación         | Capacidad (ton/año) |
|-----------------------------|-----------------------------------|-------------------|---------------------|
| Rosario                     | Resicom Ingeniería Ambiental srl. | Ricardone         | 547.500,00          |
| Santa Fe Capital            | Milicic S.A.                      | Santa Fe          | 182.500,00          |
| Rafaela                     | Municipalidad de Rafaela          | Rafaela           | 38.325,00           |
| Consortio GIRSU MR 1E       | Consortio GIRSU MR 1E             | Romang            | 3.650,00            |
| Franck                      | Comuna de Franck                  | Franck            | 2.920,00            |
| Consortio GIRSU Zona Sur    | Consortio GIRSU Zona Sur          | Villa Gob. Gálvez | 32.850,00           |
| Consortio GIRSU MR 5A       | Consortio GIRSU MR 5A             | Firmat            | 6.205,00            |
| Esperanza                   | Municipalidad de Esperanza        | Esperanza         | 13.140,00           |
| Consortio GIRSU Sur-Sur     | Consortio GIRSU Sur-Sur           | Rufino            | 4.745,00            |
| Consortio GIRSU Nodo        | Consortio GIRSU Nodo              | Reconquista       | 29.200,00           |
| Consortio GIRSU Intercuenca | Consortio GIRSU Intercuenca       | Casilda           | 16.425,00           |
| Pérez                       | Séptima Región SA                 | Pérez             | 109.500,00          |

Fuente: Relevamiento Rellenos Prov. Santa Fe. Acción climática

### Sitios no categorizados

De acuerdo con las Secciones 8.3 a 8.5 del GPC, las ciudades deben estimar primero las emisiones de los sitios de eliminación regulados y, por separado, las de los sitios no categorizados. Siguiendo este criterio, las emisiones de los sitios no categorizados se calcularon como la diferencia entre la cantidad total de residuos generados y la capacidad operativa de los rellenos sanitarios.

El cálculo se realizó mediante la siguiente ecuación:

Ecuación 52: Estimación de cantidad de residuos sólidos eliminados en sitios no controlados.

$$\text{Residuos SNC} = \text{Total residuos generados} - \sum RS$$

Donde,

---

*Residuos SNC*: capacidad de los sitios no categorizados

---

*RS*: capacidad de los rellenos sanitarios en toneladas por año

---

El Total de residuos generados, se estimó como:

*Ecuación 53: Estimación de residuos sólidos totales generados.*

$$\text{Residuos generados} = \text{Población} * \text{Tasa de generación per cápita}$$

Donde,

---

*Población total (2022): 3.544.908 habitantes<sup>21</sup>.*

---

*Tasa de generación RSU per cápita: 1,15 kg / hab.día<sup>22</sup>*

---

### **B.III.3.1 Incineración y quema a cielo abierto**

Debido a la falta de datos, solo se estimó la incineración de residuos hospitalarios, expresada en toneladas. Para ello, se utilizó el promedio de generación per cápita de Olavarría, siguiendo la metodología aplicada en el Primer Informe Bienal de Transparencia (IBT1):

*Ecuación 54: Estimación de incineración de residuos patológicos.*

$$\text{Quema de residuos hospitalarios} = 0,593 * \text{Población de Santa Fe (2022)}$$

Por otro lado, la incineración de residuos peligrosos no fue estimada debido a la ausencia de información, y no se consideró la quema a cielo abierto, ya que esta práctica es ilegal en la provincia.

### **B.III.4.1 Aguas residuales**

Los datos de actividad para el cálculo de emisiones de metano (CH<sub>4</sub>) en el subsector “III.4.1 Aguas residuales” se construyeron a partir de:

- Datos poblacionales del Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas 2022, considerando el porcentaje de población cubierta según el tipo de tratamiento o disposición de efluentes.
- Datos de la población servida provistos por Aguas Santafesinas (ASSA) y el ENRESS. Particularmente para la estimación para sistemas de plantas bien operadas y descarga directa en cuerpo de agua.

---

<sup>21</sup> Fuente: INDEC, Censo 2022. Cuadro 2.21

<sup>22</sup> Fuente: Situación de la Gestión de Residuos Sólidos Urbanos en Santa Fe

## Identificación de los sistemas de descarga de la provincia

A partir de esta información, se establecieron las equivalencias entre los sistemas de saneamiento reportados por INDEC y la clasificación del IPCC. Estas correlaciones se presentan en la Tabla 39:

*Tabla 39: Equivalencias entre Sistemas de saneamiento INDEC y Sistemas IPCC*

| Sistema IPCC                                                                       | Sistema INDEC                         |
|------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|
| Eliminación en río, lago y mar                                                     | A red pública (cloacas)               |
| Planta de tratamiento centralizado aeróbico (bien operada)                         |                                       |
| Planta de tratamiento centralizado aeróbico (mal operada, con sobrecarga)          |                                       |
| Sistema séptico                                                                    | A cámara séptica y pozo ciego         |
| Letrina. Clima húmedo/descarga por agua, capa freática más alta que la letrina     | Sólo a pozo ciego                     |
| Letrina. Clima seco/húmedo, capa freática más baja que la letrina, muchos usuarios |                                       |
| Cloaca estancada                                                                   | A hoyo, excavación en la tierra, etc. |
|                                                                                    | No tiene                              |

*Fuente: Elaboración propia.*

Para la estimación de emisiones asociadas a los sistemas de la red pública de cloacas, se aplicaron los siguientes criterios:

- **Eliminación en ríos, lagos y mar:** Incluye a los habitantes con acceso a la red cloacal en ciudades operadas por ASSA que no cuentan con planta de tratamiento.
- **Plantas de tratamiento bien operadas:** Considera a las personas servidas por las plantas de ASSA en correcto funcionamiento.
- **Plantas de tratamiento mal operadas o con sobrecarga:** Incluye a los habitantes con acceso a cloaca en localidades no operadas por ASSA.

La Tabla 40 presenta el detalle de las localidades que cuentan con plantas de tratamiento de aguas residuales. Los datos poblacionales fueron obtenidos del INDEC, mientras que la información sobre la existencia de plantas de tratamiento en cada departamento proviene de Aguas Santafesinas S.A. (ASSA). Además, los datos cuantitativos sobre la población servida por las plantas de ASSA fueron proporcionados por el Ente Regulador de Servicios Sanitarios (ENRESS).

Tabla 40: Localidades con plantas de tratamiento de aguas residuales

| Localidad               | Departamento     | Población * | Tiene PDLC?*** | Población servida por PDLC ASSA ** | % Población con acceso a cloacas (departamento)* | Población con descarga directa a río |
|-------------------------|------------------|-------------|----------------|------------------------------------|--------------------------------------------------|--------------------------------------|
| Cañada de Gomez         | Iriondo          | 32.553      | Si             | 29.936                             | 65,47%                                           | -                                    |
| Casilda                 | Caseros          | 38.903      | Si             | 37.153                             | 54,40%                                           | -                                    |
| Capitan Bermudez        | Rosario          | 30.742      | No             | -                                  | 68,17%                                           | 20.956                               |
| Esperanza               | Las Colonias     | 47.228      | Si             | 44.585                             | 60,73%                                           | -                                    |
| Firmat                  | General Lopez    | 20.682      | Si             | 14.228                             | 44,65%                                           | -                                    |
| Funes                   | Rosario          | 38.390      | No             | -                                  | 68,17%                                           | 26.169                               |
| Galvez                  | San Jerónimo     | 20.307      | Si             | 20.468                             | 44,16%                                           | -                                    |
| Granadero Baigorria     | Rosario          | 44.392      | No             | -                                  | 68,17%                                           | 30.261                               |
| Rafaela                 | Castellanos      | 102.236     | Si             | 99.841                             | 57,17%                                           | -                                    |
| Reconquista             | General Obligado | 88.306      | No             | -                                  | 40,57%                                           | 35.827                               |
| Rosario                 | Rosario          | 1.037.710   | No             | -                                  | 68,17%                                           | 707.381                              |
| Rufino                  | General Lopez    | 19.301      | Si             | 16.976                             | 44,65%                                           | -                                    |
| Santa Fe                | La Capital       | 408.572     | No             | -                                  | 48,49%                                           | 198.134                              |
| San Lorenzo             | San Lorenzo      | 51.180      | No             | -                                  | 40,69%                                           | 20.826                               |
| Villa Gobernador Galvez | Rosario          | 92.241      | No             | -                                  | 68,17%                                           | 62.878                               |

Fuente: Elaboración propia. en base a datos del \*INDEC. Censo 2022, \*\* ENRESS. Nota 119 DJ y \*\*\* ASSA.

Para el resto de los sistemas de tratamiento, se calculó la distribución porcentual de la población según el tipo de sistema de descarga en cada departamento. Este cálculo se realizó considerando la población total de cada departamento y la cantidad de habitantes que utilizan cada sistema de descarga.

Por lo tanto, para estimar la cobertura de los servicios de saneamiento, se tomó como referencia la población en viviendas particulares. Asimismo, se asumió que la diferencia entre la población total y la población en viviendas particulares corresponde a personas sin acceso a un sistema de descarga de efluentes.

En el caso del sistema de letrinas, se tuvo en cuenta el clima de cada departamento para asignar la categoría correspondiente. Finalmente, se asumió como población sin acceso a un sistema de descarga de efluentes a la diferencia entre la población total y la población en viviendas particulares.

La Tabla 41 presenta la distribución porcentual de cada tipo de tratamiento de efluentes según los departamentos de la provincia.

Tabla 41: Sistemas tratamiento de efluentes por departamento

| Departamento     | Planta de tratamiento centralizado aeróbico (mal operada) (%) | Sistema séptico (%) | Letrina. Clima seco, capa freática más baja que la letrina, muchos usuarios (%) | Letrina. Clima húmedo, capa freática más baja que la letrina, muchos usuarios (%) | Cloaca estancada (%) | Planta de tratamiento centralizado o aeróbico (bien operada) | Eliminación directa en cuerpo de agua |
|------------------|---------------------------------------------------------------|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------------|--------------------------------------------------------------|---------------------------------------|
| BELGRANO         | 73,88%                                                        | 12,02%              | 13,37%                                                                          | 0%                                                                                | 0,73%                | 0,00%                                                        | 0%                                    |
| CASEROS          | 11,32%                                                        | 21,90%              | 23,01%                                                                          | 0%                                                                                | 0,70%                | 43,07%                                                       | 0%                                    |
| CASTELLANOS      | 4,47%                                                         | 25,08%              | 17,03%                                                                          | 0%                                                                                | 0,72%                | 52,70%                                                       | 0%                                    |
| CONSTITUCION     | 57,37%                                                        | 19,41%              | 21,75%                                                                          | 0%                                                                                | 1,47%                | 0,00%                                                        | 0%                                    |
| GARAY            | 3,04%                                                         | 36,55%              | 0%                                                                              | 58,25%                                                                            | 2,15%                | 0,00%                                                        | 0%                                    |
| GENERAL LOPEZ    | 29,09%                                                        | 28,06%              | 26,55%                                                                          | 0%                                                                                | 0,74%                | 15,57%                                                       | 0%                                    |
| GENERAL OBLIGADO | 22,43%                                                        | 28,27%              | 0%                                                                              | 28,80%                                                                            | 2,35%                | 0,00%                                                        | 18,14%                                |
| IRIONDO          | 24,82%                                                        | 16,98%              | 16,95%                                                                          | 0%                                                                                | 0,60%                | 40,65%                                                       | 0%                                    |
| LA CAPITAL       | 13,63%                                                        | 20,62%              | 0%                                                                              | 29,48%                                                                            | 1,41%                | 0%                                                           | 34,87%                                |
| LAS COLONIAS     | 21,87%                                                        | 18,66%              | 0%                                                                              | 20,01%                                                                            | 0,60%                | 38,86%                                                       | 0%                                    |
| 9 DE JULIO       | 9,82%                                                         | 41,24%              | 45,69%                                                                          | 0,00%                                                                             | 3,26%                | 0%                                                           | 0%                                    |
| ROSARIO          | 4,81%                                                         | 12,75%              | 17,95%                                                                          | 0,00%                                                                             | 1,14%                | 0%                                                           | 63,35%                                |
| SAN CRISTÓBAL    | 25,61%                                                        | 48,24%              | 24,51%                                                                          | 0,00%                                                                             | 1,64%                | 0%                                                           | 0%                                    |
| SAN JAVIER       | 16,07%                                                        | 32,86%              | 0%                                                                              | 48,65%                                                                            | 2,43%                | 0%                                                           | 0%                                    |
| SAN JERÓNIMO     | 19,97%                                                        | 25,36%              | 0%                                                                              | 29,09%                                                                            | 1,39%                | 24,19%                                                       | 0%                                    |
| SAN JUSTO        | 47,98%                                                        | 19,48%              | 0%                                                                              | 31,17%                                                                            | 1,37%                | 0%                                                           | 0%                                    |
| SAN LORENZO      | 29,94%                                                        | 30,60%              | 27,91%                                                                          | 0,00%                                                                             | 0,80%                | 0%                                                           | 10,75%                                |
| SAN MARTIN       | 65,83%                                                        | 19,22%              | 14,23%                                                                          | 0,00%                                                                             | 0,72%                | 0%                                                           | 0%                                    |
| VERA             | 29,65%                                                        | 23,68%              | 0,00%                                                                           | 43,79%                                                                            | 2,88%                | 0%                                                           | 0%                                    |
| SIN DETERMINAR   | 0%                                                            | 0%                  | 0%                                                                              | 0%                                                                                | 100,00%              | 0%                                                           | 0%                                    |

Fuente: Elaboración propia. en base a datos INDEC, Censo 2022. Web ASSA y ENRESS.

Por último, no se dispone de datos sobre industrias que tratan efluentes in situ, por lo que no se estimaron “III.4a Aguas residuales industriales” de manera separada. Sin embargo, se aplicó un factor de corrección en la ecuación de “III.4a Aguas domésticas” para incluir los efluentes industriales vertidos en el sistema de alcantarillado.

Las emisiones indirectas de N<sub>2</sub>O derivan de las aguas residuales tras la descarga de efluentes en cuerpos de agua como canales, lagos o mares. Estas emisiones están asociadas a la degradación de compuestos nitrogenados presentes en las aguas residuales, como la urea, los nitratos y las proteínas.

El dato de actividad utilizado para estimar estas emisiones es el consumo per cápita de proteínas, expresado en kilogramos por año. Esta información se obtuvo de la base de datos FAOSTAT de la FAO y se presenta en la Tabla 42:



Tabla 42: Consumo de proteína per cápita en Argentina al año 2022

| Período   | Consumo de proteína per cápita |
|-----------|--------------------------------|
|           | kg/persona/año                 |
| 2020-2022 | 43,65*                         |

Fuente: Elaboración propia. en base a datos de FAOSTAT

\*Se realizó la conversión de gramos a kilogramos y de día a año.

## Resumen DA para sector Residuos

La Tabla 43 resume los datos de actividad utilizados en el sector de los Residuos durante el período de análisis.

Tabla 43: Datos de actividad para el sector Residuos

| Ref. GPC | Fuente de emisión                                                                                                                                          | DA anual 2022 | Unidad  |
|----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|---------|
| III      | Residuos                                                                                                                                                   |               |         |
| III.1    | Disposición de residuos sólidos                                                                                                                            |               |         |
| III.1.1  | Residuos sólidos generados dentro de los límites de la ciudad y dispuestos en vertederos o basurales a cielo abierto dentro de los límites de la ciudad    |               |         |
|          | Rellenos sanitarios                                                                                                                                        | 986.960,00    | ton/año |
|          | Sitios no controlados                                                                                                                                      | 501.015       | ton/año |
| III.1.2  | Residuos sólidos generados dentro de los límites de la ciudad, pero dispuestos en vertederos o basurales a cielo abierto fuera de los límites de la ciudad |               | NO      |
| III.1.3  | Residuos generados fuera de los límites de la ciudad y dispuestos en vertederos o basurales a cielo abierto dentro de los límites de la ciudad             |               | NO      |
| III.2    | Tratamiento biológico de residuos                                                                                                                          |               |         |
| III.2.1  | Residuos sólidos que se generan dentro de los límites de la ciudad que son tratados biológicamente dentro de los límites de la ciudad                      |               | NE      |
| III.2.2  | Residuos sólidos generados dentro de los límites de la ciudad, pero tratados biológicamente fuera de los límites de la ciudad                              |               | NO      |
| III.2.3  | Residuos generados fuera de los límites de la ciudad, pero tratados biológicamente dentro de los límites de la ciudad                                      |               | NO      |
| III.3    | Incineración y quema a cielo abierto                                                                                                                       |               |         |
| III.3.1  | Residuos sólidos generados y tratados dentro de los límites de la ciudad                                                                                   |               |         |
|          | Residuos hospitalarios                                                                                                                                     | 1.911         | ton/año |
| III.3.2  | Residuos sólidos generados dentro de los límites de la ciudad, pero tratados fuera de los límites de la ciudad                                             |               | NO      |
| III.3.3  | Residuos generados fuera de los límites de la ciudad, pero tratados dentro de los límites de la ciudad                                                     |               | NO      |

|           |                                                                                                                |           |            |
|-----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|------------|
| III.4     | Tratamiento y vertido de aguas residuales                                                                      |           |            |
| III.4.1   | Aguas residuales generadas y tratadas dentro de los límites de la ciudad (domésticas e industriales)           |           |            |
| III.4.1.a | Planta de tratamiento centralizado aeróbico                                                                    | 1.946.599 | habitantes |
| III.4.1.a | Sistema séptico                                                                                                | 707.625   | habitantes |
| III.4.1.a | Letrina. Ambos climas*                                                                                         | 821.653   | habitantes |
| III.4.1.a | Cloaca estancada                                                                                               | 69.031    | habitantes |
| III.4.1.b | Aguas residuales industriales                                                                                  |           | NE         |
| III.4.2   | Aguas residuales generadas dentro de los límites de la ciudad, pero tratados fuera de los límites de la ciudad |           | NO         |
| III.4.3   | Aguas residuales generadas fuera de los límites de la ciudad, pero tratadas dentro de los límites de la ciudad |           | NO         |

Fuente: Elaboración propia.

## **B.IV. Procesos industriales y uso de productos (IPPU)**

### **B.IV.1.2 Industrias químicas**

Para la estimación de emisiones asociadas a la producción de petroquímicos y negro de humo en la provincia, el dato de actividad utilizado es la producción anual en toneladas para el año 2022. Esta información fue obtenida a través del Instituto Petroquímico Argentino, que proporcionó información contenida en el Anuario 2024 (44° Edición).<sup>23</sup>

Para la mayoría de los productos petroquímicos, se identificó directamente la producción anual en toneladas. Sin embargo, en los casos de etileno y metanol, fue necesario estimar la producción provincial, ya que estos compuestos también se producen en otras provincias.

Para ello, se determinó la capacidad instalada nacional y se calculó la participación correspondiente a las plantas ubicadas en Santa Fe. Luego, se aplicó este porcentaje a la producción nacional total, obteniendo la estimación específica para la provincia.

*Ecuación 55: Estimación de la producción anual de productos industriales en base a la producción nacional.*

$$\text{Producción anual provincial} = \text{Producción nacional} * \% \text{ participación provincial}$$

### **Producción Estimada de “IV.1.2.e Metanol” y “IV.1.2.f Etileno” en Santa Fe (2022)**

Las Tablas 44 y 45 muestran las estimaciones asociadas a la “IV.1.2.f Producción del Etileno” mientras que las Tablas 46 y 47 se vinculan a las estimaciones asociadas a la “IV.1.2.e Producción del Metanol”.

<sup>23</sup> [Anuario de Información Estadística, Edición 44. Instituto Petroquímico Argentino.](#)

Tabla 44: Estimación de la “IV.1.2.f Producción anual de Etileno” en Santa Fe, año 2022.

| DA: IV.1.2.f Producción de Etileno                |                   |
|---------------------------------------------------|-------------------|
| Producción nacional anual 2022                    | 707.675 ton       |
| <b>Producción anual 2022 estimada en Santa Fe</b> | <b>28.090 ton</b> |

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 45: Participación de plantas provinciales en la “IV.1.2.f Producción de Etileno”.

| Productor        | Ubicación                                  | Capacidad instalada | Participación (%) |
|------------------|--------------------------------------------|---------------------|-------------------|
| Pampa Energía SA | Pto Gral San Martín, Provincia de Santa Fe | 31.000              | 4%                |
| PBB Polisor      | Provincia de Buenos Aires                  | 275.000             | 31%               |
| PBB Polisor      | Provincia de Buenos Aires                  | 475.000             | 61%               |
| Total nacional   |                                            | 781.000             | 100%              |

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 46: Estimación de la “IV.1.2.e Producción anual de Metanol” en Santa Fe, año 2022.

| DA: IV.1.2.e Producción de Metanol                |                    |
|---------------------------------------------------|--------------------|
| Producción nacional anual 2022                    | 422.389 ton        |
| <b>Producción anual 2022 estimada en Santa Fe</b> | <b>376.577 ton</b> |

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 47: Participación de plantas provinciales en la “IV.1.2.e Producción de Metanol”

| Productor        | Ubicación                                  | Capacidad instalada | Participación (%) |
|------------------|--------------------------------------------|---------------------|-------------------|
| Pampa Energía SA | Pto Gral San Martín, Provincia de Santa Fe | 411.000             | 89%               |
| PBB Polisor      | Provincia de Buenos Aires                  | 50.000              | 11%               |
| Total nacional   |                                            | 461.000             | 100%              |

Fuente: Elaboración propia.

Cabe mencionar que las únicas sustancias que generan emisiones de CO<sub>2</sub> en este contexto son el metanol y el etileno, razón por la cual los datos de actividad que se presentan son únicamente para estas dos sustancias.

### **B.IV.1.3 Industria metalúrgica**

Para la estimación de emisiones del sector metalúrgico, se utilizaron datos de la Cámara Argentina del Acero<sup>24</sup>, obtenidos mediante una entrevista con la Ing. Florencia Otero, Gerente de Sustentabilidad. Los datos de actividad recopilados corresponden a la producción anual de 2022 e incluyen las toneladas de acero crudo y de hierro esponja.

Como se detalló previamente, en la provincia de Santa Fe se identificaron dos sitios de producción de acero con tecnologías diferenciadas. No obstante, no se registraron industrias dedicadas a la producción de arrabio, sinterizado ni pellets de hierro, por lo que estos procesos no generan emisiones dentro de la jurisdicción.

### **B.IV.2 Uso de productos: lubricantes**

Para estimar el consumo de lubricantes en la provincia de Santa Fe, se recurrió a un criterio de prorrateo basado en la participación relativa de la provincia en la economía nacional. Este enfoque parte del supuesto de que el consumo de este tipo de productos es proporcional al peso económico de cada jurisdicción en el total del país.

Para ello, se utilizó como indicador el cociente entre el Producto Bruto Geográfico (PBG) de Santa Fe y el Producto Bruto Interno (PBI) nacional correspondiente al mismo período. Según los datos disponibles, el PBG de Santa Fe fue de 61.480.389 millones de pesos, mientras que el PBI nacional alcanzó los 725.810.000 millones de pesos, lo que representa una participación relativa del 8,5%.

Este coeficiente (8,5%) fue aplicado al total de consumo informado para Argentina para cada uno de los tipos de lubricantes (bases lubricantes, grasas, y diferentes clases de lubricantes terminados), obteniéndose así una estimación del volumen consumido en Santa Fe. Estos valores informados a nivel nacional se extraen de las Tablas SESCO, "Ventas al mercado". La metodología se aplicó de forma homogénea a todas las unidades reportadas (m<sup>3</sup> o toneladas según el caso), manteniendo consistencia con las magnitudes utilizadas en los datos nacionales.

### **Resumen DA para sector IPPU**

La Tabla 48 resume los datos de actividad utilizados en el sector de Procesos Industriales y Uso de productos durante el período de análisis.

---

<sup>24</sup> <https://www.acero.org.ar/>

Tabla 48: Datos de actividad para el sector Proceso Industriales y Uso de Productos (IPPU)

| Ref. GPC  | Fuente de emisión                                               | DA anual 2022 | Unidad |
|-----------|-----------------------------------------------------------------|---------------|--------|
| IV        | IPPU                                                            |               |        |
| IV.1      | Procesos industriales                                           |               |        |
| IV.1.2    | Industrias químicas                                             |               |        |
| IV.1.2.a  | Producción de amoníaco                                          |               | NO     |
| IV.1.2.b  | Producción de ácido nítrico                                     |               | NO     |
| IV.1.2.c  | Producción de carburo                                           |               | NO     |
| IV.1.2.d  | Producción de Carbonato de Sodio                                |               | NO     |
| IV.1.2.e  | Producción Metanol                                              | 376.577       | Ton    |
| IV.1.2.f  | Producción Etileno                                              | 28.090        | Ton    |
| IV.1.2.g  | Producción Dicloruro de etileno y monómero de cloruro de vinilo |               | NO     |
| IV.1.2.h  | Producción Negro de humo                                        |               | NO     |
| IV.1.2.i  | Producción fluoroquímica                                        |               | NO     |
| IV.1.2.j  | Producción Otros Químicos                                       |               | NO     |
| IV.1.3    | Industrias del metal                                            |               |        |
| IV.1.3.a  | Producción de hierro                                            | 881.040       | Ton    |
| IV.1.3.a  | Producción de acero                                             | 1.474.525     | Ton    |
| IV.1.3.b  | Producción de Ferroatleaciones                                  |               | NO     |
| IV.1.3.c  | Producción de aluminio                                          |               | NO     |
| IV.1.3.d  | Producción de zinc                                              |               | NO     |
| IV.2      | Uso de productos                                                |               |        |
| IV.2.1    | Productos no energéticos de combustibles y uso de solventes     |               |        |
| IV.2.1.a  | Uso de lubricantes                                              |               |        |
| IV.2.1.a1 | Bases Lubricantes                                               | 627,11        | m3     |
| IV.2.1.a2 | Grasas                                                          | 523,57        | ton    |
| IV.2.1.a3 | Lubricantes automotrices                                        | 14.887,30     | m3     |
| IV.2.1.a4 | Lubricantes industriales                                        | 6.892,01      | m3     |
| IV.2.1.a5 | Lubricantes marinos                                             | 218,06        | m3     |
| IV.2.1.b  | Uso de la cera de parafina                                      |               | NE     |
| IV.2.1.c  | Uso de solvente                                                 |               | NE     |

|          |                                                                                                    |    |
|----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| IV.2.1.d | Uso no energéticos de otros productos                                                              | NE |
| IV.2.2   | Emisiones provenientes de la industria electrónica                                                 | NE |
| IV.2.3   | Emisiones provenientes de los sustitutos fluorados para las sustancias que agotan la capa de ozono | NE |

*Fuente: Elaboración propia.*

## **B.V. Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra (AFOLU)**

### **B.V.I Ganadería**

Los datos de actividad para el subsector de “V.1 Ganadería”, constan de las cabezas de ganado por tipo de ganado. Se consultó a distintas fuentes de información de acuerdo al tipo de categoría animal y, para algunas de ellas, se realizaron ajustes para el ingreso de los datos al inventario.

La fuente de información tanto para la ganadería bovina de carne como de leche fue el Ministerio de Desarrollo Productivo de la provincia de Santa Fe, que entregó datos respecto al ganado total vacunado para el año 2022, desagregado por departamento, sistema productivo y tipo de ganado.

En primera instancia, se homologaron los distintos sistemas productivos presentados por la fuente de información con las categorías de ganado disponibles en el inventario: ganadería de carne y de leche. Luego se hizo la sumatoria por departamento de cada tipo de sistema productivo para obtener el total por animal por departamento, según los dos tipos de categoría.

En la Tabla 49 se observan las equivalencias de los sistemas productivos asociados al tipo de ganadería bovina (leche y carne).

*Tabla 49: Equivalencia de los sistemas productivos identificados por la fuente de información de ganados bovinos.*

| Sistemas productivos | Tipo de ganadería bovina |
|----------------------|--------------------------|
| Cría                 | Ganadería de Carne       |
| Tambo                | Ganadería de Leche       |
| Cabaña               | Ganadería de Carne       |
| Invernada            | Ganadería de Carne       |
| Corral de engorde    | Ganadería de Carne       |
| Sin dato explotación | Ganadería de Carne       |

*Fuente: Elaboración propia..*

Para los sistemas de “tambo”, equivalentes a la ganadería de leche, la fuente de información presentaba valores de novillos y novillitos. Como la metodología de cálculo empleada no contempla factores de emisión para dichos tipos de ganado, se consideró que esas cabezas se pueden agrupar dentro de la categoría “Toritos”, entendiendo que se trata de un animal macho pequeño-mediano. Esta apreciación fue realizada por la Dirección Provincial de Sanidad Vegetal y Desarrollo Forestal.

Las Tablas 50 y 51 presentan los datos de actividad recolectados por departamento para cada una de las categorías de animales identificadas como bovinos de leche y de carne en la provincia, durante el período 2022.

*Tabla 50. Datos de actividad de bovinos de leche.*

| DEPARTAMENTO   | VACAS   | VAQUILLONAS | TERNERAS | TERNEROS | TOROS | TORITOS | TOTAL BOVINOS |
|----------------|---------|-------------|----------|----------|-------|---------|---------------|
| BELGRANO       | 2.159   | 858         | 317      | 143      | 5     | 134     | 3.616         |
| CASEROS        | 720     | 356         | 135      | 20       | 11    | 27      | 1.269         |
| CASTELLANOS    | 116.254 | 45.372      | 34.501   | 18.828   | 1.829 | 14483   | 231.267       |
| CONSTITUCIÓN   | 454     | 189         | 102      | 5        | 4     | 1       | 755           |
| GARAY          | -       | -           | -        | -        | -     | -       | -             |
| GRAL. LÓPEZ    | 14.022  | 6.815       | 5.493    | 1.424    | 89    | 466     | 28.309        |
| GRAL. OBLIGADO | 1.095   | 360         | 295      | 198      | 17    | 86      | 2.051         |
| IRIONDO        | 16.478  | 4.649       | 4.212    | 1.877    | 149   | 729     | 28.094        |
| LA CAPITAL     | 11.839  | 5.796       | 3.082    | 1.670    | 187   | 1961    | 24.535        |
| LAS COLONIAS   | 99.206  | 49.151      | 25.512   | 14.677   | 1.592 | 11894   | 202.032       |
| 9 DE JULIO     | 436     | 205         | 267      | 209      | 12    | 317     | 1.446         |
| ROSARIO        | 377     | 158         | 164      | 87       | 12    | 42      | 840           |
| SAN CRISTÓBAL  | 73.747  | 26.434      | 24.853   | 15.586   | 1.623 | 5055    | 147.298       |
| SAN JAVIER     | 183     | 26          | 51       | 45       | 1     | 1       | 307           |
| SAN JERÓNIMO   | 12.179  | 5.993       | 3.653    | 1.193    | 182   | 956     | 24.156        |
| SAN JUSTO      | 2.195   | 1.757       | 947      | 496      | 67    | 383     | 5.845         |
| SAN LORENZO    | 1.378   | 516         | 336      | 118      | 28    | 95      | 2.471         |
| SAN MARTÍN     | 29.621  | 11.043      | 4.922    | 2.253    | 364   | 2238    | 50.441        |
| VERA           | 33      | 19          | 9        | 14       |       | 16      | 91            |

*Fuente: Elaboración propia..*

*Tabla 51. Datos de actividad de bovinos de carne*

| DEPARTAMENTO   | VACAS   | VAQUILLONAS | NOVILLOS | NOVILLITOS | TERNEROS | TERNERAS | TOROS  | TORITOS | TOTAL BOVINOS |
|----------------|---------|-------------|----------|------------|----------|----------|--------|---------|---------------|
| BELGRANO       | 18.325  | 11.000      | 3.251    | 8.911      | 12.099   | 12.193   | 743    | 245     | 66.767        |
| CASEROS        | 27.216  | 20.945      | 4.635    | 24.731     | 33.912   | 27.969   | 1.097  | 334     | 140.839       |
| CASTELLANOS    | 73.383  | 35.316      | 15.188   | 28.187     | 28.785   | 29.418   | 2.812  | 1.526   | 214.615       |
| CONSTITUCIÓN   | 48.162  | 12.114      | 4.413    | 9.712      | 39.007   | 32.712   | 2.065  | 612     | 148.797       |
| GARAY          | 67.410  | 20.129      | 14.903   | 19.939     | 25.055   | 22.005   | 2.936  | 484     | 172.861       |
| GRAL. LÓPEZ    | 133.780 | 52.173      | 14.020   | 33.629     | 64.410   | 68.261   | 4.793  | 1.673   | 372.739       |
| GRAL. OBLIGADO | 220.318 | 49.393      | 23.881   | 39.986     | 57.189   | 56.684   | 9.848  | 2.029   | 459.328       |
| IRIONDO        | 24.443  | 10.589      | 3.692    | 6.542      | 14.855   | 17.027   | 1.039  | 409     | 78.596        |
| LA CAPITAL     | 42.703  | 20.783      | 10.263   | 15.850     | 12.806   | 12.501   | 1.632  | 737     | 117.275       |
| LAS COLONIAS   | 97.273  | 40.913      | 17.624   | 26.338     | 33.738   | 32.913   | 4.204  | 1.703   | 254.706       |
| 9 DE JULIO     | 271.664 | 75.368      | 48.082   | 57.195     | 64.926   | 66.764   | 11.181 | 3.990   | 599.170       |
| ROSARIO        | 13.186  | 5.520       | 2.873    | 5.401      | 9.226    | 10.658   | 665    | 263     | 47.792        |
| SAN CRISTÓBAL  | 340.302 | 122.168     | 69.678   | 109.795    | 108.898  | 106.067  | 15.299 | 4.059   | 876.266       |
| SAN JAVIER     | 134.099 | 33.442      | 28.460   | 30.956     | 34.384   | 36.737   | 5.957  | 1.291   | 305.326       |
| SAN JERÓNIMO   | 47.353  | 18.938      | 7.954    | 15.577     | 17.128   | 16.982   | 1.916  | 474     | 126.322       |
| SAN JUSTO      | 123.986 | 38.392      | 22.082   | 32.907     | 40.068   | 43.339   | 5.453  | 1.422   | 307.649       |
| SAN LORENZO    | 13.215  | 5.301       | 1.288    | 4.787      | 6.187    | 7.030    | 559    | 96      | 38.463        |
| SAN MARTÍN     | 43.942  | 28.389      | 4.061    | 12.237     | 17.372   | 15.811   | 1.534  | 811     | 124.157       |
| VERA           | 305.405 | 73.375      | 70.037   | 90.158     | 67.576   | 64.345   | 14.003 | 3.231   | 688.130       |

*Fuente: Elaboración propia..*

En cuanto a otras ganaderías, no fue necesario obtener las cabezas a nivel departamental, ya que el cálculo de Nivel 1 no requiere de la aplicación de parámetros específicos relacionados con situaciones productivas o climáticas puntuales.

Para camélidos, asnos y mulas, se recurrió a datos abiertos de información estadística publicada por el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación. Para caprinos, equinos, ovinos, porcinos y aves de corral, se consultó al registro estadístico de Caracterización de existencias del SENASA. Los datos de actividad para otras ganaderías se detallan en la Tabla 52.

Se realizó un ajuste únicamente para el dato de Aves de corral. Debido a que el dato original comprende a las aves de corral sin cama para faena y que dichas aves viven en promedio unos 60 días previo a ser faenadas (IPCC), tomar la cantidad total de animales faenados sería sobreestimar el dato de actividad. Para poder estimar la población promedio anual se recurrió a la ecuación 10.1 del Capítulo 10 de las Directrices del IPCC de 2006.



Ecuación 56: Ajuste por población promedio anual de aves de corral.

$$AAP = \text{Días}_{viva} * \left( \frac{NAPA}{365} \right)$$

Donde,

*AAP*: población promedio anual

*Días<sub>viva</sub>*: 60 días (por defecto IPCC)

*NAPA*: cantidad de animales producidos anualmente

Tabla 52. Datos de actividad de otras ganaderías.

| Categoría animal                | Cabezas (año 2022) |
|---------------------------------|--------------------|
| Asnos y mulas                   | 690                |
| Aves de corral sin cama p/faena | 5.922.048          |
| Búfalos                         | -                  |
| Camélidos                       | 423                |
| Caprinos                        | 76.187             |
| Equinos                         | 158.746            |
| Ovinos                          | 151.166            |
| Porcinos (total)                | 793.434            |
| Padrillos                       | 8.112              |
| Cerdas                          | 99.526             |
| Lechones                        | 232.511            |
| Capones                         | 182.454            |
| Cachorros                       | 197.975            |
| Cachorras                       | 28.443             |
| M.E.I                           | 44.413             |

Fuente: Elaboración propia..

## **B.V.2.Uso y cambio de uso del suelo**

Para la estimación de emisiones y remociones en el sector “V.2 Uso y cambios de uso del suelo”, se contó con diversas fuentes de datos de actividad, seleccionadas en función del tipo de cobertura y de la metodología de cálculo aplicada a cada categoría.

### **Bosques nativos que permanecen como tales (V.2.1.ai.1, V.2.1.ai.2)**

Para los bosques nativos que permanecen como tales, se utilizaron datos de extracción de productos forestales maderables y no maderables, incluyendo leña, rollizos y carbón vegetal. La fuente de información fue el Anuario de Estadística Forestal 2022, publicado por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de la Nación, que reporta las extracciones por departamento para toda la provincia de Santa Fe.

Dado que el modelo utilizado para el cálculo de emisiones y remociones requiere ingresar los datos de actividad según regiones forestales —y no por departamentos—, fue necesario compatibilizar la información. Para ello, se asignaron los departamentos provinciales a las regiones forestales definidas en el Inventario Nacional, se indica a continuación:

- Parque Chaqueño: 9 de Julio, Vera.
- Espinal: Castellanos, Garay, General Obligado, La Capital, Las Colonias, San Cristóbal, San Javier, San Jerónimo, San Justo, San Martín.

Esta asignación permitió agrupar las extracciones departamentales bajo las regiones metodológicas utilizadas en el modelo nacional, asegurando la coherencia entre el nivel de reporte y el nivel de ingreso de datos.

A continuación, se presentan en la Tabla 53 los datos de actividad empleados en el cálculo de las remociones de los bosques nativos que permanecen dentro de la misma categoría de uso.

*Tabla 53: Datos de actividad para el cálculo de remociones de bosques nativos que permanecen como tales.*

| Región Forestal asignada | Producto | Especie        | Valor (m3) | Fuente                               |
|--------------------------|----------|----------------|------------|--------------------------------------|
| Espinal                  | Leña     | varias nativas | 557,14     | Anuario de estadística forestal 2022 |
|                          | Carbón   | varias nativas | 650,00     |                                      |
|                          | Leña     | varias nativas | 16.535,00  |                                      |
| Parque Chaqueño Húmedo   | Rollizos | varias nativas | 729,00     |                                      |
|                          | Leña     | varias nativas | 13.425,71  |                                      |
|                          | Carbón   | varias nativas | 1.665,00   |                                      |

*Fuente: Elaboración propia, en base a datos del Anuario de Estadística Forestal 2022.*

### Bosques cultivados que permanecen como tales (V2.1.iii.1, V.2.1.iii.2)

En el caso de los bosques cultivados que permanecen como tales, se contó con información proporcionada por dos fuentes complementarias. Para el cálculo de remociones, se utilizaron los datos reportados por la Dirección Nacional de Desarrollo Foresto Industrial, que detallan los productos removidos desagregados por especie forestal y tipo de producto. Esta información permitió estimar la biomasa removida y, por ende, la reducción del stock de carbono en estos sistemas. Los datos de actividad empleados en esta sección se presentan en la Tabla 54.

*Tabla 54. Datos de actividad para el cálculo de remociones de bosques cultivados que permanecen como tales.*

| Especies Homologadas | Producto        | Valor (m3) | Fuente                                                     |
|----------------------|-----------------|------------|------------------------------------------------------------|
| Álamo                | Rollizos        | 30.936     | Dirección Nacional de Desarrollo Foresto Industrial. SAGyP |
| Eucalipto            | Rollizos        | 46.511     |                                                            |
| Pino                 | Otros productos | 6          |                                                            |
| Sauce                | Rollizos        | 551        |                                                            |
| Otras                | Rollizos        | 6          |                                                            |

*Fuente: Elaboración propia., en base a datos de la Dirección Nacional de Desarrollo Foresto Industrial.*

Para el cálculo de crecimiento, se tomaron como referencia las hectáreas de bosques cultivados según especie, reportadas por la Dirección de Producción Sostenible del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación (DPS-MinAgro). Esta información permitió estimar el incremento anual de carbono en biomasa viva sobre la base de tasas de crecimiento específicas por tipo de especie forestal. Estos datos de actividad se detallan en la Tabla 55:

*Tabla 55. Datos de actividad para el cálculo de crecimiento de bosques cultivados que permanecen como tales.*

| Especie    | Valor (Hectáreas) | Fuente      |
|------------|-------------------|-------------|
| Eucaliptos | 7.589             | DPS-MinAgro |
| Salicáceas | 11.48             |             |
| Coníferas  | 14                |             |
| Otras      | 326               |             |

*Fuente: Elaboración propia. en base a datos de DPS-MinAgro.*

### Pastizales (V.2.3.a, V.2.3.bi, V.2.3.bii)

Los datos de actividad constan de las superficies de tierras que permanecen como pastizales y de aquellas que transicionaron hacia este tipo de uso desde tierras forestales o tierras de cultivo en el último año.

La obtención de los datos fue posible gracias al apoyo de la Subsecretaría de Ambiente de la Nación Argentina, quien entregó la información preparada para el Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero de año base 2022, publicado en Primer Informe Bienal de Transparencia de la República Argentina a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático.

Los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero emplean un enfoque equivalente al Método 2 del IPCC, definido como “superficie de la tierra total incluyendo los cambios entre categorías”. Este método se basa en datos del Método 1, que reporta las superficies totales por uso sin información explícita sobre conversiones, y los complementa con supuestos metodológicos que permiten estimar los cambios entre categorías a partir de la comparación entre superficies reportadas para años consecutivos. La unidad espacial utilizada por Nación es el departamento, ya que se considera que este nivel territorial concentra con mayor frecuencia información censal y geoespacial completa, coherente y verificable sobre el uso del suelo. Para la elaboración de los inventarios, Nación integra tanto datos discretos (provenientes de censos y estadísticas) como capas georreferenciadas desarrolladas para fines diversos (por ejemplo, las utilizadas para bosque nativo, humedales, asentamientos y otras tierras).

Tabla 56. Superficies de permanencia y transición para la categoría de pastizales.

| Departamento   | Superficie (de / a) [ha]                                         |                                                            |                                                                          |                                                                                |                                                       |
|----------------|------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|
|                | Pastizales -<br>Campo Natural /<br>Pastizales -<br>Campo Natural | Pastizales -<br>Forrajeras /<br>Pastizales -<br>Forrajeras | Bosque Nativo -<br>Tierras<br>forestales /<br>Pastizales -<br>Forrajeras | Bosque<br>Cultivado -<br>Tierras<br>forestales /<br>Pastizales -<br>Forrajeras | Tierras de<br>cultivo /<br>Pastizales -<br>Forrajeras |
| BELGRANO       | 13.966,01                                                        | 64.494,08                                                  | -                                                                        | -                                                                              | -                                                     |
| CASEROS        | 16.664,56                                                        | 30.128,02                                                  | -                                                                        | -                                                                              | -                                                     |
| CASTELLANOS    | 141.856,68                                                       | -                                                          | -                                                                        | -                                                                              | -                                                     |
| CONSTITUCIÓN   | 6.607,72                                                         | 27.371,93                                                  | 1.350,00                                                                 | -                                                                              | -                                                     |
| GARAY          | 143.231,61                                                       | 527,01                                                     | -                                                                        | 179,59                                                                         | -                                                     |
| GRAL. LÓPEZ    | 99.228,48                                                        | 5.191,00                                                   | -                                                                        | 304,35                                                                         | -                                                     |
| GRAL. OBLIGADO | 448.006,14                                                       | 31.429,07                                                  | -                                                                        | 4,28                                                                           | -                                                     |
| IRIONDO        | 0,66                                                             | 82.092,88                                                  | 52,84                                                                    | -                                                                              | 23.825,00                                             |
| LA CAPITAL     | 137.580,76                                                       | 9.165,44                                                   | -                                                                        | 33,77                                                                          | -                                                     |
| LAS COLONIAS   | 135.476,68                                                       | -156,75                                                    | -                                                                        | 156,75                                                                         | -                                                     |
| 9 DE JULIO     | 711.676,03                                                       | 52.752,51                                                  | -                                                                        | -                                                                              | -                                                     |
| ROSARIO        | 0,21                                                             | 69.984,00                                                  | -                                                                        | 2,21                                                                           | 6.910,00                                              |
| SAN CRISTÓBAL  | 661.611,52                                                       | -204,71                                                    | -                                                                        | 204,71                                                                         | -                                                     |
| SAN JAVIER     | 307.491,60                                                       | 4.248,79                                                   | -                                                                        | 3,51                                                                           | -                                                     |
| SAN JERÓNIMO   | 6.317,62                                                         | 134.863,69                                                 | -                                                                        | 1,31                                                                           | 1,31                                                  |
| SAN JUSTO      | 193.254,93                                                       | 8.138,70                                                   | -                                                                        | 434,79                                                                         | -                                                     |
| SAN LORENZO    | 7.897,65                                                         | 36.273,34                                                  | -                                                                        | 313,72                                                                         | -                                                     |
| SAN MARTÍN     | 13.480,55                                                        | 9.845,46                                                   | 173,00                                                                   | 56,77                                                                          | 41.752,00                                             |
| VERA           | 1.037.204,22                                                     | 17.350,04                                                  | -                                                                        | 12,84                                                                          | -                                                     |

Fuente: Elaboración propia. en base a datos del INGEI 2022, aportado por Subsecretaría de Ambiente de la Nación Argentina.

#### Tierras de cultivo (V.2.2.a, V.2.2.bi, V.2.2.bii)

De forma análoga a la categoría anterior, se informan las superficies de tierras de cultivo que permanecen como tales. No se observan tierras de otros usos convertidas en tierras de cultivo. La fuente de información es la Subsecretaría de Ambiente de la Nación Argentina.

Tabla 57. Superficies de permanencia y transición para la categoría de pastizales.

| Departamento   | Superficie (de / a) [ha]                                      |                                                               |                                 |                                         |
|----------------|---------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------------|
|                | Tierras de cultivo - Cultivos / Tierras de cultivo - Cultivos | Tierras de cultivo - Frutales / Tierras de cultivo - Frutales | Pastizales / Tierras de cultivo | Tierras forestales / Tierras de cultivo |
| BELGRANO       | 217.682,00                                                    | -                                                             | 1.187,00                        | -                                       |
| CASEROS        | 280.145,00                                                    | 18,50                                                         | 12.200,00                       | -                                       |
| CASTELLANOS    | 472.202,00                                                    | -                                                             | 2.427,00                        | -                                       |
| CONSTITUCIÓN   | 264.512,80                                                    | 163,00                                                        | -                               | -                                       |
| GARAY          | 22.881,00                                                     | -                                                             | -                               | -                                       |
| GRAL. LÓPEZ    | 830.929,90                                                    | 18,50                                                         | 15.708,00                       | -                                       |
| GRAL. OBLIGADO | 228.968,90                                                    | 302,70                                                        | 12.781,00                       | 119,00                                  |
| IRIONDO        | 260.746,00                                                    | -                                                             | -                               | -                                       |
| LA CAPITAL     | 64.813,10                                                     | 14,00                                                         | 5.452,00                        | 78,00                                   |
| LAS COLONIAS   | 356.271,00                                                    | -                                                             | 4.746,00                        | 196,00                                  |
| 9 DE JULIO     | 274.205,00                                                    | -                                                             | 57.582,00                       | 1.718,00                                |
| ROSARIO        | 134.032,70                                                    | 288,00                                                        | -                               | -                                       |
| SAN CRISTÓBAL  | 363.235,00                                                    | -                                                             | 11.098,00                       | 865,00                                  |
| SAN JAVIER     | 64.649,70                                                     | 132,90                                                        | 3.119,00                        | 181,00                                  |
| SAN JERÓNIMO   | 221.315,30                                                    | 222,80                                                        | 18.496,00                       | 3,00                                    |
| SAN JUSTO      | 203.590,50                                                    | -                                                             | 4.414,00                        | 435,00                                  |
| SAN LORENZO    | 152.888,30                                                    | 60,00                                                         | 4.470,00                        | -                                       |
| SAN MARTÍN     | 360.047,60                                                    | -                                                             | -                               | -                                       |
| VERA           | 89.805,80                                                     | -                                                             | 1.482,00                        | -                                       |

Fuente: Elaboración propia. en base a datos del INGEI 2022, aportado por Subsecretaría de Ambiente de la Nación Argentina.

### Variación de carbono del suelo (V.2.7.)

La fuente de información para esta subcategoría es la Subsecretaría de Ambiente de la Nación Argentina, que entregó los datos utilizados en los cálculos del inventario nacional. Éstos implican conocer el carbono inicial y final en el suelo, según los años correspondientes para cada caso, 2002 y 2022 respectivamente.

Tabla 58. Superficies de permanencia y transición para la categoría de pastizales.

| Departamento   | Superficie (de / a) [ha]                  |                                   |
|----------------|-------------------------------------------|-----------------------------------|
|                | Carbono inicial en el suelo $SOC_{(0-T)}$ | Carbono final en el suelo $SOC_T$ |
| BELGRANO       | 10.377.854                                | 10.874.449                        |
| CASEROS        | 11.570.713                                | 12.026.034                        |
| CASTELLANOS    | 54.023.981                                | 50.394.077                        |
| CONSTITUCIÓN   | 10.304.298                                | 10.626.551                        |
| GARAY          | 14.763.140                                | 14.668.344                        |
| GRAL. LÓPEZ    | 33.128.480                                | 33.268.061                        |
| GRAL. OBLIGADO | 71.468.301                                | 71.380.740                        |
| IRIONDO        | 12.789.814                                | 13.610.873                        |
| LA CAPITAL     | 18.302.659                                | 18.442.100                        |
| LAS COLONIAS   | 42.435.047                                | 39.840.581                        |
| 9 DE JULIO     | 45.316.790                                | 44.912.835                        |
| ROSARIO        | 7.256.408                                 | 7.967.748                         |
| SAN CRISTÓBAL  | 46.168.281                                | 44.597.668                        |
| SAN JAVIER     | 35.275.236                                | 35.248.496                        |
| SAN JERÓNIMO   | 29.959.921                                | 32.502.781                        |
| SAN JUSTO      | 37.771.576                                | 37.629.810                        |
| SAN LORENZO    | 7.008.093                                 | 7.445.961                         |
| SAN MARTÍN     | 15.253.911                                | 15.199.206                        |
| VERA           | 137.671.791                               | 138.145.271                       |

Fuente: Elaboración propia. en base a datos del INGEI 2022, aportado por Subsecretaría de Ambiente de la Nación Argentina.

### **B.V.3. Emisiones procedentes de fuentes agregadas y emisiones del suelo distintas al CO<sub>2</sub>**

#### **V.3.1 Emisiones de GEI provenientes de la quema de biomasa**

Para las categorías “V.3.1.bii - Quema de biomasa por conversión de tierras forestales en tierras de cultivos” y “V.3.1.cii - Quema de biomasa por conversión de tierras forestales en pastizales”, los datos de actividad corresponden a las

superficies de transición de tipos de uso del suelo, informados previamente en la sección de Uso del suelo - Pastizales y Uso del suelo - Tierras de cultivo.

Para las las emisiones de CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O de las categorías de Quema de biomasa en tierras forestales ( “V.3.1.ai Bosque Nativo” y “ V.3.1.a.ii Bosque Cultivado”) y “V.3.1.b.ii Quema de biomasa de pastizales”, se obtienen datos de área del Anuario de Estadísticas Forestal 2022 (MAyDS), por tipo de vegetación quemada y departamento. Los valores de áreas quemadas sectorizadas a nivel departamental se muestran en la Tabla 59.

*Tabla 59. Superficies quemadas en tierras forestales y pastizales.*

| Departamento     | Tipo de Vegetación | Área quemada, ha                                        |
|------------------|--------------------|---------------------------------------------------------|
|                  |                    | Fuente:<br>Anuario de Estadísticas Forestal 2022, MAyDS |
| 9 de Julio       | Sin Determinar     | 736                                                     |
| Castellanos      | Sin Determinar     | 1.258,1                                                 |
| Constitución     | Sin Determinar     | 70                                                      |
| Constitución     | Arbustal           | 1,36                                                    |
| Constitución     | Pastizal           | 5,44                                                    |
| General Obligado | Sin Determinar     | 915,8                                                   |
| General Obligado | B. Nativo          | 430,4                                                   |
| General Obligado | Pastizal           | 417,8                                                   |
| La Capital       | Sin Determinar     | 2.448,8                                                 |
| La Capital       | Pastizal           | 13                                                      |
| Las Colonias     | Pastizal           | 2,4                                                     |
| Rosario          | Sin Determinar     | 42,2                                                    |
| San Jerónimo     | Sin Determinar     | 713,99                                                  |
| San Jerónimo     | Arbustal           | 7,5                                                     |
| San Jerónimo     | Pastizal           | 385,5                                                   |
| San Lorenzo      | B. Cultivado       | 250                                                     |
| San Martín       | Sin Determinar     | 335                                                     |
| San Martín       | Arbustal           | 3,15                                                    |
| San Martín       | Pastizal           | 3,15                                                    |
| Vera             | Sin Determinar     | 36.476                                                  |

*Fuente: Elaboración propia.*



### **V.3.4 Emisiones de óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) directo proveniente de los suelos gestionados**

#### **Aplicación Abono orgánico a campo**

El dato de actividad es la masa de fertilizantes de N orgánico aplicados (fon), que es la cantidad de N orgánico aplicada a los suelos que no provengan de animales en pastoreo, como pueden ser el estiércol animal aplicado luego de ser gestionado en sistemas de gestión distinto del pastoreo, barros cloacales aplicados al suelo, compost aplicado al suelo, así como otros abonos orgánicos de importancia regional para la agricultura como desechos, guano, etc.

Este valor se calcula para los Bovinos de Carne y Leche (V.3.4.gii), Porcinos (V.3.4.n) y Aves (V.3.4.o), empleando las Ecuaciones 11.3 y 11.4, del Capítulo 11 y 10.34 del capítulo 10 del Volumen 4 de las Directrices IPCC 2006, teniendo en cuenta únicamente los aportes de orina y estiércol aplicadas a los suelos. Este último factor se calcula a partir de la cantidad de N de estiércol disponible luego de ser gestionado, que depende de la cantidad de cabezas asignadas a los distintos tipos de gestión del estiércol caracterizados para cada tipo de ganado y departamento.

Los valores de la la cantidad de nitrógeno de la aplicación de abono orgánico a campo por tipo de ganado se detallan en la Tabla 60.

*Tabla 60: Cantidad de nitrógeno de la aplicación de abono orgánico a campo, por tipo de ganadería.*

| Cod. Ref. GPC: V.3.4 | Tipo de ganado     | Cantidad de nitrógeno de estiércol gestionado disponible para su aplicación en suelos gestionados (fon), (Kg. N / Año) |
|----------------------|--------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                      |                    | Fuente: Calculado                                                                                                      |
| V.3.4.gii            | Ganadería de leche | 979.590,74                                                                                                             |
| V.3.4.gii            | Ganadería de carne | 12.452.537,99                                                                                                          |
| V.3.4.n              | Porcinos           | 5.978.585,73                                                                                                           |
| V.3.4.o              | Aves               | 1.426.128,61                                                                                                           |

*Fuente: Elaboración propia.*

#### **V.3.4.a Fertilizantes sintéticos**

Debido a la falta de información específica respecto al consumo de fertilizantes por tipo y a nivel provincial, la masa de fertilizantes sintéticos de N aplicados (fsn), se obtiene a partir de una serie de estimaciones.

En primer lugar, se tienen los datos de consumo de fertilizantes a nivel nacional en la página web de “Fertilizar”, para la campaña 2021/2022. A partir de estos datos, se obtiene el porcentaje de fertilizante nitrogenado que se aplica para cada cultivo. Los valores nacionales se observan en la Tabla 61.

*Tabla 61. Consumo de Fertilizantes – Campaña 2021/2022. Total país*

| Grupo químicos                                                                                 | Trigo     | Maíz      | Soja    | Girasol | Cebada  | Sorgo  | Pasturas | Otros   | Total     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|-----------|---------|---------|---------|--------|----------|---------|-----------|
| Fuente:<br><a href="#">Consumo de fertilizantes total país - Campaña 2021/2022. Fertilizar</a> |           |           |         |         |         |        |          |         |           |
| Mercado Nitrogenados                                                                           | 1.104.602 | 1.455.564 | -       | 52.889  | 173.450 | 45.093 | 124.188  | 246.923 | 3.202.709 |
| Mercado Fosforados                                                                             | 543.134   | 668.183   | 463.545 | 37.730  | 81.326  | 40.625 | 122.551  | 124.740 | 2.081.834 |
| Mercado Potásicos                                                                              | 77.341    | 80.782    | 28.230  | 1.455   | 5.833   | 2.282  | 3.261    | 6.357   | 205.541   |
| Mercado Azufrado                                                                               | -         | -         | -       | -       | -       | -      | -        | 86.947  | 86.947    |
| Otros                                                                                          | 11.326    | 14.445    | 10.625  | 4.486   | -       | -      | -        | 88.106  | 128.988   |
| Total fertilizante por cultivo                                                                 | 1.736.403 | 2.218.974 | 502.400 | 96.560  | 260.609 | 88.000 | 250.000  | 553.073 | 5.706.019 |
| % Aplicación Fertilizantes N                                                                   | 63,61%    | 65,60%    | 0,00%   | 54,77%  | 66,56%  | 51,24% | 49,68%   | 44,65%  |           |

*Fuente: Elaboración propia.*

De la página web de “Fertilizar” también se extraen los datos de consumo total de fertilizantes por cultivo y por provincia. De esta manera, la masa de fertilizantes sintéticos nitrogenados aplicada en Santa Fe, se obtiene a partir del producto entre la masa de fertilizantes totales aplicados en Santa Fe para cada cultivo Tabla 62 y el porcentaje de aplicación de fertilizantes de N (Tabla 63).

Tabla 62: Consumo de fertilizantes – Campaña 2021/2022. Total provincia

| Cultivo  | Consumo de fertilizantes por campaña.<br>(total provincia, 2022)                   | Masa fertilizante N<br>(ton) |
|----------|------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|
|          | Fuente: Consumo de Fertilizantes total<br>provincia- Campaña 2021/2022, Fertilizar | Fuente: Calculado            |
| Trigo    | 316.861                                                                            | 201.569                      |
| Maíz     | 277.368                                                                            | 181.943                      |
| Soja     | 87.755                                                                             | 0                            |
| Girasol  | 15.936                                                                             | 8.728                        |
| Cebada   | 5.221                                                                              | 3.474                        |
| Sorgo    | NE                                                                                 | NE                           |
| Pasturas | NE                                                                                 | NE                           |
| Otros    | NE                                                                                 | NE                           |
| Total    |                                                                                    | 395.715                      |

Fuente: Elaboración propia.

Dada la falta de datos a nivel provincial sobre el desglose de los fertilizantes nitrogenados, se toman datos nacionales de la Cámara de la Industria Argentina de Fertilizantes y Agroquímicos (CIAFA) y se asume que la distribución se replica a nivel provincial. Es de destacar que en el total no se incluye la urea, dado que este fertilizante se informa en la sección “emisiones de CO<sub>2</sub> de fertilización con urea”.

Para obtener la masa de nitrógeno aplicada, es necesario conocer el grado de los fertilizantes nitrogenados, es decir, el porcentaje de nitrógeno que presenta cada producto. De esta manera, la cantidad de cada tipo de fertilizante sintético, se estima aplicando el porcentaje de uso por tipo de fertilizante a nivel nacional al consumo total provincial previamente estimado. La cantidad anual de Nitrógeno (fsn) se extrae del producto entre la cantidad de fertilizante y su % de Nitrógeno y los valores se observan en la Tabla 63.

Tabla 63: Cantidad anual de Nitrógeno (fsn) aplicado a los suelos

| Producto                              | Consumo nacional (ton)                                                | Porcentaje de uso | Consumo provincial (ton) | Porcentaje de N del fertilizante                                                   | Cantidad anual de N de fertilizante sintético aplicado a los suelos (fsn) |
|---------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|-------------------|--------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|
|                                       | Fuente: Consumo de Fertilizantes en el agro 2022- CIAFA <sup>25</sup> | Fuente: Calculado |                          | Fuente: Fertilizar - Guía 2012: Fertilizantes, enmiendas y productos nutricionales |                                                                           |
| Urea granulada                        | 2.055.933                                                             | 50,93%            | 201.538,16               | 46%                                                                                | 92.708                                                                    |
| UAN                                   | 406.169                                                               | 10,06%            | 39.815,77                | 32%                                                                                | 12.741                                                                    |
| Nitrato de amonio calcáreo            | 123.157                                                               | 3,05%             | 12.072,78                | 27%                                                                                | 3.260                                                                     |
| MAP y otros MAP (fosfato monoamónico) | 950.132                                                               | 23,54%            | 93.139,15                | 11%                                                                                | 10.245                                                                    |
| DAP y otros NP (fosfato diamónico)    | 277.153                                                               | 6,87%             | 27.168,64                | 18%                                                                                | 4.890                                                                     |
| NK (Nitrato de potasio)               | 9.894                                                                 | 0,25%             | 969,89                   | 12%                                                                                | 116                                                                       |
| Mezclas NPK                           | 94.769                                                                | 2,35%             | 9.289,98                 | 15%                                                                                | 1.393                                                                     |
| TSA (Tiosulfato de amonio)            | 77.495                                                                | 1,92%             | 7.596,65                 | 12%                                                                                | 912                                                                       |
| SA (Sulfato de amonio)                | 42.077                                                                | 1,04%             | 4.124,71                 | 21%                                                                                | 866                                                                       |
| Total                                 | 4.036.779                                                             | 100%              | 395.715,73               |                                                                                    | 127.132                                                                   |

Fuente: Elaboración propia.

### Excretas en pasturas

Para obtener la masa de N depositado en suelos de pasturas, prados y praderas por animales de pastoreo por orina y estiércol (frrp), se requieren los mismos datos de actividad que para la sección de ganadería (número de cabezas, promedio anual de excreción de N por cabeza de cada especie y la fracción del total de la excreción anual de N de cada especie/categoría de ganado T que se deposita en pasturas, prados y praderas). Es decir que, en este caso, sólo se debe incluir la porción del estiércol que se gestiona como pastoreo. Estos datos se presentan en la Tabla 64:

<sup>25</sup> Cámara de la Industria Argentina de Fertilizantes y Agroquímicos (CIAFA)

*Tabla 64: Cantidad de nitrógeno anual de la orina y el estiércol depositados por animales en el pastoreo y pasturas*

| Cod. Ref. GPC:<br>V.3.4 | Tipo de ganado     | Cantidad de nitrógeno de la orina y el estiércol depositados por animales en pastoreo y pasturas (fprp), Kg. N / Año |
|-------------------------|--------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                         |                    | Fuente: Calculado                                                                                                    |
| V.3.4.b                 | Ganadería de leche | 54.850.915                                                                                                           |
| V.3.4.c                 | Ganadería de carne | 142.095.837                                                                                                          |
| V.3.4.dii               | Ovinos             | 547.342                                                                                                              |
| V.3.4.diii              | Caprinos           | 226.915                                                                                                              |
| V.3.4.div               | Camélidos          | 4.616                                                                                                                |
| V.3.4.dv                | Equinos            | 6.343.522                                                                                                            |
| V.3.4.dvi               | Mulares y asnales  | 15.061                                                                                                               |
| V.3.4.n                 | Porcinos           | 4.643.562                                                                                                            |
| V.3.4.o                 | Aves               | -                                                                                                                    |

*Fuente: Elaboración propia.*

#### **V.3.4.e Residuos de cosecha**

La masa de N proveniente de residuos agrícolas (fcr), se obtiene en base a las superficies cosechadas y quemadas, rendimientos de cultivos, el tipo de cultivo, el contenido de N de los residuos y otros factores relacionados.

Los datos de superficies cosechadas y rendimientos se obtienen por tipo de cultivo y a nivel departamental por medio de los datos abiertos de Estimaciones Agrícolas, publicadas por la Dirección Nacional de Agricultura - Dirección de Estimaciones Agrícolas.

El resto de los parámetros están sistematizados en el calculador y se obtuvieron por medio de las ecuaciones 11.6 y 11.7 del capítulo 11 del volumen 4 de las directrices del IPCC 2006, alimentados por los parámetros y factores por defecto de los refinamientos del IPCC 2019.

Si bien se obtienen a nivel departamental, en la Tabla 65, se presentan los datos de actividad por tipo de cultivo a nivel provincial, con el fin de resumir la información presentada.

*Tabla 65. Estimaciones agrícolas y estimación de la cantidad de N aportada por los residuos de cosecha*

| Cultivo      | Sup. Sembrada, (ha)                                                                | Sup. Cosechada, (ha) | Producción, (tn) | Rendimiento, kg/ha | Cantidad Anual de N en los residuos agrícolas aéreos y subterráneos (fcr), (kg N) |
|--------------|------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|------------------|--------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
|              | Fuente:<br>Dirección Nacional de Agricultura - Dirección de Estimaciones Agrícolas |                      |                  |                    | Fuente:<br>Calculado                                                              |
| Algodón      | 208.000                                                                            | 201.250              | 328.800          | 11.600             | 5.069.497                                                                         |
| Arroz        | 55.430                                                                             | 54.630               | 320.321          | 23.653             | 1.791.681                                                                         |
| Arveja       | 35.399                                                                             | 32.799               | 61.770           | 27.900             | 78.640                                                                            |
| Avena        | 239.369                                                                            | 11.683               | 25.141           | 21.000             | 32.246                                                                            |
| Cebada total | 49.198                                                                             | 40.148               | 118.555          | 68.400             | 433.743                                                                           |
| Centeno      | 14.015                                                                             | 370                  | 624              | 3.000              | 8.510                                                                             |
| Girasol      | 614.385                                                                            | 614.385              | 1.105.949        | 73.150             | 8.245.791                                                                         |
| Lenteja      | 44.675                                                                             | 38.975               | 58.703           | 15.100             | 89.728                                                                            |
| Maíz         | 2.550.606                                                                          | 1.712.351            | 8.552.417        | 157.556            | 25.679.130                                                                        |
| Maní         | 17.200                                                                             | 17.200               | 47.040           | 5.400              | 572.554                                                                           |
| Soja 1ra     | 3.777.111                                                                          | 3.692.861            | 8.634.415        | 81.245             | 55.491.357                                                                        |
| Soja 2da     | 1.973.747                                                                          | 1.638.557            | 3.467.575        | 59.600             | 10.654.185                                                                        |
| Sorgo        | 350.659                                                                            | 238.886              | 897.026          | 136.398            | 3.299.873                                                                         |
| Trigo total  | 2.250.444                                                                          | 2.144.844            | 6.984.678        | 113.999            | 28.185.555                                                                        |

*Fuente: Elaboración propia.*

#### **V.3.4.f Mineralización de N<sub>2</sub> por pérdida de materia orgánica de suelos**

El dato de actividad es la cantidad neta anual de nitrógeno mineralizado en suelos minerales debido a la pérdida de carbono del suelo por cambios en el uso o la gestión de la tierra (fsom). El mismo se estima mediante la ecuación 11.8. del capítulo 11 del volumen 4 de las directrices del IPCC 2006. En la Tabla 66 se detallan los datos estimados.

El balance de carbono de suelos minerales se calcula por departamento y la estimación de este se incluye en “Variación de materia orgánica del suelo (Carbono)”, siendo las superficies de permanencia y cambio de uso del suelo el dato aportado para el cálculo, de manera análoga a la categoría mencionada.

Tabla 66. Masa de N mineralizado por pérdida de materia orgánica de suelos.

| Departamento     | Masa de N mineralizado de la pérdida de Carbono orgánico del suelo en suelos minerales por cambios en el uso de la tierra o prácticas de gestión (fsom), kg N/año |
|------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Belgrano         | -                                                                                                                                                                 |
| Caseros          | -                                                                                                                                                                 |
| Castellanos      | 12.099.680                                                                                                                                                        |
| Constitución     | -                                                                                                                                                                 |
| Garay            | 315.987                                                                                                                                                           |
| General López    | -                                                                                                                                                                 |
| General Obligado | 291.872                                                                                                                                                           |
| Iriondo          | -                                                                                                                                                                 |
| La Capital       | -                                                                                                                                                                 |
| Las Colonias     | 8.648.220                                                                                                                                                         |
| 9 de Julio       | 1.346.517                                                                                                                                                         |
| Rosario          | -                                                                                                                                                                 |
| San Cristóbal    | 5.235.375                                                                                                                                                         |
| San Javier       | 89.131                                                                                                                                                            |
| San Jerónimo     | -                                                                                                                                                                 |
| San Justo        | 472.554                                                                                                                                                           |
| San Lorenzo      | -                                                                                                                                                                 |
| San Martín       | 182.350                                                                                                                                                           |
| Vera             | -                                                                                                                                                                 |

Fuente: Elaboración propia.

### V.3.5 Emisiones de óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) indirecto de suelos gestionados

Los datos de actividad (fsn, fon, fprp, fcr, fsom) son los mismos utilizados en la sección anterior. Se tomaron los mismos criterios para su utilización.

### V.3.3 Aplicación de urea

El dato de actividad para esta sección corresponde a la masa de urea aplicada en Santa Fe durante el 2022. La urea se aplica de forma pura o combinada con otros fertilizantes nitrogenados en soluciones, para este último caso, se estima el contenido de urea en el fertilizante sintético UAN (Urea-Nitrato de Amonio). Estos valores se presentan en la siguiente Tabla:

*Tabla 67: Datos de actividad, aplicación de urea.*

| Tipo de fertilizante         | Masa aplicada (ton)                                            | Porcentaje de urea | Masa de urea aplicada (ton) |
|------------------------------|----------------------------------------------------------------|--------------------|-----------------------------|
|                              | Fuente:<br>Estimación en base a datos<br>CIAFA y Fertilizar AC | Fuente:<br>IBT1    |                             |
| Urea                         | 201.538                                                        | 100%               | 201.538                     |
| UAN (Urea-Nitrato de Amonio) | 39.815                                                         | 35%                | 14.095                      |

*Fuente: Elaboración propia.*

### V.3.7 Cultivos de arroz

El dato de actividad es la superficie cultivada de arroz por departamento. Se obtiene por medio de los datos abiertos de Estimaciones Agrícolas, publicadas por la Dirección Nacional de Agricultura - Dirección de Estimaciones Agrícolas. Los valores correspondientes se presentan en la Tabla 68.

*Tabla 68. Datos de actividad, cultivo de arroz.*

| Departamento | Superficie Cosechada de Arroz (Ha) |
|--------------|------------------------------------|
| GARAY        | 13.230                             |
| SAN JAVIER   | 11.000                             |

*Fuente: Elaboración propia.*



# ANEXO C: FACTORES DE EMISIÓN

## C.I.Energía estacionaria

Los factores de emisión utilizados en este inventario provienen de fuentes locales específicas (Nivel 2) y fuentes por defecto del IPCC (Nivel 1). En el sector de la energía se destaca la obtención de:

### *Electricidad*

Se aplicaron factores de Nivel 2 para CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O, desarrollados por ICLEI.

---

### *Gas natural distribuido por redes*

Se utilizó un factor específico de CO<sub>2</sub> elaborado a nivel nacional en el IBT 1, con la colaboración del Instituto Argentino de Petróleo y Gas (IAPG) en el marco del Proyecto CBIT Argentina.

---

### *Otros combustibles*

Se emplearon factores por defecto (D) de las Directrices del IPCC 2006, con respectivos Refinamientos 2019.

---

## Factor de emisión para la red eléctrica

El factor de emisión de la red eléctrica nacional se calculó como la relación entre las emisiones totales provenientes de cada GEI (dióxido de carbono, metano y óxido nitroso) y la generación total de electricidad (MWh):

*Ecuación 57: Ecuación general para la estimación del factor de emisión de la red eléctrica.*

$$FE_x = \sum \text{emisiones}_x / \text{Generación total (Mwh)}$$

Donde,

$FE_x$ : factor de emisión para CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O en t/MWh.

---

$\sum \text{emisiones}_x$ : emisiones totales de cada GEI, calculadas a partir del consumo de carbón, gasoil, fueloil, gas natural.

---

*Generación total (Mwh)*: suma del conjunto de fuentes de energía utilizadas para la generación de energía eléctrica en el país ( matriz eléctrica nacional)

---

Estos factores se utilizan para estimar las emisiones indirectas derivadas del consumo de electricidad en la provincia. A continuación, se presenta el detalle de los factores de emisión empleados en el informe:

Tabla 69: Cálculo propio en base a los combustibles consumidos para la generación termoeléctrica en la Red Eléctrica Nacional, año 2022.

| Factores de emisión para la red eléctrica (calculados)       |                                                              |                                                                |
|--------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|
| FE red eléctrica CO <sub>2</sub><br>ton CO <sub>2</sub> /Mwh | FE red eléctrica CH <sub>4</sub><br>ton CH <sub>4</sub> /Mwh | FE red eléctrica N <sub>2</sub> O<br>ton N <sub>2</sub> O /Mwh |
| 0,2984493964                                                 | 0,000006731738263                                            | 0,000001924103974                                              |

Fuente: Elaboración propia.

## Factores por defecto del IPCC

A continuación, se presentan los factores de emisión para cada gas de efecto invernadero utilizados para los cálculos de Nivel 1. Estos factores se obtienen de las Directrices del IPCC 2006 y sus respectivos refinamientos del año 2019

La Tabla 70 presenta los factores de emisión del sector de la energía estacionaria expresados por combustible.

Tabla 70: Factores de emisión por defecto presentados por fuente de emisión para cada gas de efecto invernadero.

| Fuente de emisión<br><br>Combustibles<br>(ton de gas/tep)          | Factor de emisión                     |                           |                                   |
|--------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------|-----------------------------------|
|                                                                    | Dióxido de carbono<br>CO <sub>2</sub> | Metano<br>CH <sub>4</sub> | Óxido Nitroso<br>N <sub>2</sub> O |
| <b>I.1 Edificios residenciales</b>                                 |                                       |                           |                                   |
| Gas natural                                                        | 2,351*a                               | 0,00021**                 | 0,00000**                         |
| Otros combustibles líquidos<br>(kerosene)                          | 3,009*                                | 0,00042**                 | 0,00003**                         |
| Leña                                                               | 0*                                    | 0,01256**                 | 0,00017**                         |
| Gas licuado (envasado)                                             | 2,640*                                | 0,00021**                 | 0,00000**                         |
| <b>I.2 Edificios e instalaciones comerciales e institucionales</b> |                                       |                           |                                   |
| Gas natural                                                        | 2,351*a                               | 0,00021**                 | 0,00000**                         |
| Leña                                                               | 0*                                    | 0,01256**                 | 0,00017**                         |
| Gas licuado (envasado)                                             | 2,640*                                | 0,00021**                 | 0,00000**                         |
| <b>I.3 Industrias de manufactura y construcción</b>                |                                       |                           |                                   |
| Gas natural                                                        | 2,351*a                               | 0,00004***                | 0,00000***                        |
| Leña                                                               | 0*                                    | 0,001256***               | 0,000167***                       |
| Nafta                                                              | 2,901*                                | 0,00013***                | 0,00003***                        |
| Gasoil                                                             | 3,101*                                | 0,000126***               | 0,000025***                       |
| Kerosene                                                           | 3,009*                                | 0,000126***               | 0,000025***                       |

|                                                                                                                          |           |                   |                   |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|-------------------|-------------------|
| Fueloil                                                                                                                  | 3,239*    | 0,000126***       | 0,000025***       |
| Bioetanol                                                                                                                | 0*        |                   |                   |
| Biodiesel                                                                                                                | 0*        | 0,000126***       | 0,000025***       |
| Gas licuado (envasado)                                                                                                   | 2,640*    | 0,00004***        | 0,00000***        |
| <b>I.4 Industrias de energía</b>                                                                                         |           |                   |                   |
| Fuel Oil (DI)                                                                                                            | 3,239 **a | 0,00013 **a       | 0,00001 **a       |
| Gas Oil (DI)                                                                                                             | 3,101 **a | 0,00017**a        | - **a             |
| Gas Natural (DI)                                                                                                         | 2,351 **a | 0,01080 **a       | -**a              |
| Gas Oil (CC)                                                                                                             | 3,101**a  | 0,00001**a        | 0,00002**a        |
| Gas Natural (CC)                                                                                                         | 2,351 **a | 0,00004**a        | 0,00013**a        |
| Gas Oil (TG)                                                                                                             | 3,101**a  | 0,00001**a        | 0,00002**a        |
| Gas Natural (TG)                                                                                                         | 2,351 **a | 0,00017**a        | 0,00004**a        |
| Fuel Oil (TV)                                                                                                            | 3,239**a  | 0,00013 **a       | 0,00001 **a       |
| Gas Natural (TV)                                                                                                         | 2,351 **a | 0,00004 **a       | 0,00004**a        |
| <b>I.5 Actividades Agrícolas,silvicultura y pesca</b>                                                                    |           |                   |                   |
| Naftas                                                                                                                   | 2,901**   | 0,00042**         | 0,00003**         |
| Gasoil                                                                                                                   | 3,101*    | 0,00042**         | 0,00003**         |
| Bioetanol                                                                                                                | 0*        | 0,00042**         | 0,00003**         |
| Biodiesel                                                                                                                | 0*        | 0,00042**         | 0,00003**         |
| Kerosene                                                                                                                 | 3,009*    | 0,00042**         | 0,00003**         |
| Gas licuado (envasado)                                                                                                   | 2,640*    | 0,00021**         | 0,00000**         |
| <b>I.7 Emisiones fugitivas provenientes de la minería, el procesamiento, el almacenamiento y el transporte de carbón</b> |           |                   |                   |
| Carbón Vegetal Producción                                                                                                | 0****     | 0,0403****        | 0,00008****       |
| <b>I.8 Emisiones fugitivas provenientes de los sistemas de petróleo y gas natural</b>                                    |           |                   |                   |
| Gas natural - emisiones fugitivas de distribución                                                                        | 0*****    | 0,0000000845***** | 0,0000016583***** |

*Fuente: Elaboración propia.*

*Tabla 71: Fuentes de obtención de factores de emisión junto con las notaciones correspondientes, presentadas para cada GEI.*

| Fuentes                                                                                                                                                                                                                                       | Gases                                                                                                         | Notación |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|
| Factor por defecto<br>Fuente: Directrices IPCC 2006,<br>Volumen 2, Capítulo 1 (Cuadro 1.4)                                                                                                                                                    | CO <sub>2</sub>                                                                                               | *        |
| IBT 1, con la colaboración del<br>Instituto Argentino de Petróleo y<br>Gas (IAPG) en el marco del<br>Proyecto CBIT Argentina.<br><br>Informe de resultados asociado al<br>cálculo del FE del gas natural<br>distribuido por redes. (Tabla 15) | CO <sub>2</sub><br>(gas natural)                                                                              | *a       |
| Factor por defecto<br>Fuente: Directrices IPCC 2006,<br>Volumen 2, Capítulo 2 (Cuadro<br>2.5).                                                                                                                                                | CH <sub>4</sub> y N <sub>2</sub> O                                                                            | **       |
| Factor por defecto<br>Fuente: Directrices IPCC 2006,<br>Volumen 2, Capítulo 2 (Cuadro<br>2.6).                                                                                                                                                | CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> y N <sub>2</sub> O                                                          | **a      |
| Factor por defecto<br>Fuente: Directrices del IPCC 2006,<br>Volumen 2, Capítulo 2 (Cuadro 2.3)                                                                                                                                                | CH <sub>4</sub> y N <sub>2</sub> O<br>(Gas Natural para Industrias<br>Manufactureras y de la<br>construcción) | ***      |
| Factor por defecto<br>Fuente: Directrices del IPCC 2006,<br>Volumen 2, Capítulo 4 (Cuadro<br>4.3.3)                                                                                                                                           | CH <sub>4</sub> y N <sub>2</sub> O                                                                            | ****     |
| Factor por defecto<br>Fuente: Directrices del IPCC 2006,<br>Volumen 2, Capítulo 4 (Cuadro<br>4.2.5 )                                                                                                                                          | CH <sub>4</sub> y N <sub>2</sub> O                                                                            | *****    |

*Fuente: Elaboración propia.*

## **C.II. Transporte**

Los factores de emisión utilizados en este sector se presentan en la Tabla 72 y, principalmente son factores por defecto obtenidos de las Directrices del IPCC 2006 y sus respectivos refinamientos al año 2019.

Tabla 72: Factores de emisión del sector transporte expresados por GEI en función del tipo de combustible.

| Fuente de emisión<br>(combustible) | Factor de emisión<br>(tngas/tep)      |                           |                                   |
|------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------|-----------------------------------|
|                                    | Dióxido de carbono<br>CO <sub>2</sub> | Metano<br>CH <sub>4</sub> | Óxido Nitroso<br>N <sub>2</sub> O |
| <b>Transporte por carretera</b>    |                                       |                           |                                   |
| GNC                                | 2,351 *a                              | 0,00385**                 | 0,00013**                         |
| Nafta                              | 2,901*                                | 0,00138**                 | 0,00013**                         |
| Gasoil                             | 3,101*                                | 0,00016**                 | 0,00016**                         |
| Biodiesel                          | 0*                                    | 0,00016**                 | 0,00016**                         |
| Bioetanol                          | 0*                                    | 0,00075**                 | 0,00013**                         |
| <b>Ferroviario</b>                 |                                       |                           |                                   |
| Gasoil                             | 3,101*                                | 0,00017***                | 0,00120***                        |
| <b>Transporte fluvial</b>          |                                       |                           |                                   |
| Nafta                              | 2,901*                                | 0,00029****               | 0,00008****                       |
| Fuel oil                           | 3,239*                                | 0,00029****               | 0,00008****                       |
| Bioetanol                          | 0*                                    | 0,00029****               | 0,00008****                       |
| <b>Aviación</b>                    |                                       |                           |                                   |
| Aerokerosene (jet)                 | 2,994*                                | 0,00002*                  | 0,00008*                          |
| Aeronaftas                         | 2,932*                                | 0,00002*                  | 0,00008*                          |

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 73: Fuentes de obtención de factores de emisión junto con las notaciones correspondientes, presentadas para cada GEI.

| Fuentes                                                                                                                                                                                                                        | Gases                              | Notación |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|----------|
| Factor por defecto<br>Fuente: Directrices IPCC 2006, Volúmen 2, Capítulo 1 (Cuadro 1.4)                                                                                                                                        | CO <sub>2</sub>                    | *        |
| IBT 1, con la colaboración del Instituto Argentino de Petróleo y Gas (IAPG) en el marco del Proyecto CBIT Argentina.<br><br>Informe de resultados asociado al cálculo del FE del gas natural distribuido por redes. (Tabla 15) | CO <sub>2</sub><br>(gas natural)   | *a       |
| Factor por defecto<br>Fuente: Directrices IPCC 2006, Volumen 2, Capítulo 3 (Cuadro 3.2.2)                                                                                                                                      | CH <sub>4</sub> y N <sub>2</sub> O | **       |
| Factor por defecto<br>Fuente: Directrices del IPCC 2006, Volúmen 2, Capítulo 3 (Cuadro 3.4.1)                                                                                                                                  | CH <sub>4</sub> y N <sub>2</sub> O | ***      |
| Factor por defecto<br>Fuente: Directrices del IPCC 2006, Volúmen 2, Capítulo 3 (Cuadro 3.5.3)                                                                                                                                  | CH <sub>4</sub> y N <sub>2</sub> O | ****     |

Fuente: Elaboración propia.

## **C.III.Residuos**

### **III.1 Residuos sólidos**

Las siguientes tablas muestran los distintos parámetros y factores para el cálculo de emisiones de metano (CH<sub>4</sub>) por la “III.1.1 Disposición final de residuos sólidos”.

**Tabla 74. Factores de corrección de metano para disposición final de residuos sólidos.**

| Descripción                                                                              | Valor | Fuente                                                       |
|------------------------------------------------------------------------------------------|-------|--------------------------------------------------------------|
| $OX_{RS}$ = Factor de oxidación para rellenos sanitarios                                 | 0,1   | Página 17 - Cuadro 3.2 - Volumen 5 - Capítulo 3 - IPCC 2006. |
| $OX_{SNC}$ = Factor de oxidación para sitios no categorizados                            | -     |                                                              |
| $f_{rec}$ = Fracción de metano recuperado en rellenos sanitarios (para todos los sitios) | -     | No ocurre el recupero de metano                              |
| $MCF_{RS}$ = Factor de corrección de metano para rellenos sanitarios                     | 1     | Página 16 - Cuadro 3.1 - Volumen 5 - Capítulo 3 - IPCC 2006  |
| $MCF_{SNC}$ = Factor de corrección de metano para sitios no categorizados                | 0,6   |                                                              |
| $DOC_F$ = Fracción del COD que se degrada finalmente                                     | 0,5   | Página 15- Volumen 5 - Capítulo 3 - IPCC 2006                |
| $F_{CH_4}$ = Fracción de metano en el gas del vertedero                                  | 0,5   | Página 16- Volumen 5 - Capítulo 3 - IPCC 2006                |

*Fuente: Elaboración propia.*

**Tabla 75. Composición gravimétrica de los residuos sólidos.**

| Descripción                                                                                    | Valor  | Fuente |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|--------|
| a = Fracción de los residuos sólidos que son alimentos                                         | 49,94% | IBT 1. |
| b = Fracción de los residuos sólidos que son residuos de jardinería y otros residuos vegetales | 11,05% |        |
| c = Fracción de los residuos sólidos que es papel                                              | 13,99% |        |
| d = Fracción de los residuos sólidos que es madera                                             | 0,64%  |        |
| e = Fracción de los residuos sólidos que es tela                                               | 3,08%  |        |
| f = Fracción de los residuos sólidos que es residuo industrial                                 | 15,56% |        |

*Fuente: Elaboración propia.*

**Tabla 76. Factores de emisión para la “III.3.1 Incineración de residuos sólidos”.**

| Fuentes de información | Página 20 - Cuadro 5.2 - Volumen 5 - Capítulo 5 - IPCC 2006 / Página 17 - Cuadro 2.6 - Volumen 5 - Capítulo 2 |                                                               |                                                   |                       |                                               |
|------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|-----------------------|-----------------------------------------------|
|                        | Cuadro 5.2                                                                                                    | Cuadro 5.2                                                    | Cuadro 5.2                                        | Cuadro 2.6            | Ecuación 5.1 (Parcial)                        |
| Tipo de residuo        | Contenido de carbono total en % del peso en seco                                                              | Fracción de carbono fósil en % del contenido de carbono total | Factor de oxidación en % de la entrada de carbono | Contenido de Agua (%) | FE Incineración (tCO <sub>2</sub> /t Residuo) |
| Residuos hospitalarios | 60%                                                                                                           | 40%                                                           | 100%                                              | 35%                   | 0,572                                         |

*Fuente: Elaboración propia.*

### III.4 Aguas residuales

Tabla 77. Factores de corrección del metano para el “III.4.1.a Tratamiento y la eliminación de las aguas residuales domésticas”.

| Tipo de tratamiento de efluente                                                    | MCF  |
|------------------------------------------------------------------------------------|------|
| <i>Fuente: Cuadro 6.3 - Página 6.13 - Guía IPCC 2006 Vol. 5 - Capítulo 6</i>       |      |
| Planta de tratamiento centralizado aeróbico <sup>26</sup> (bien operada)           | 0,1  |
| Planta de tratamiento centralizado aeróbico (mal operada, con sobrecarga)          | 0,30 |
| Sistema séptico                                                                    | 0,50 |
| Letrina. Clima seco/húmedo, capa freática más baja que la letrina, muchos usuarios | 0,50 |
| Letrina. Clima húmedo/descarga por agua, capa freática más alta que la letrina     | 0,70 |
| Cloaca estancada                                                                   | 0,50 |
| Eliminación en río, lago y mar                                                     | -    |

*Fuente: Elaboración propia.*

Tabla 78. Otros parámetros para el cálculo de emisiones de metano para el “III.4.1.a Tratamiento y la eliminación de las aguas residuales domésticas”

| Parámetro                                                                                                                                | Valor |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| <i>Cuadro 6.2 - Página 6.13 - Guía IPCC 2006 Vol. 5 - Capítulo 6</i>                                                                     |       |
| Bo = capacidad máxima de producción de CH <sub>4</sub> - Para todos los tipos de tratamiento y eliminación [CH <sub>4</sub> /kg. de BOD] | 0,6   |
| <i>Valor por defecto IPCC 2006 - Tabla 6.4. (Latinoamérica)</i>                                                                          |       |
| BOD = DBO per cápita (g/persona/día)                                                                                                     | 40    |
| I = factor de corrección para la BOD industrial adicional vertidas en el desagüe                                                         | 1,25  |

*Fuente: Elaboración propia.*

Tabla 79. Factores de emisión del metano para el “III.4.1 Tratamiento y la eliminación de las aguas residuales domésticas”

| Tipo de tratamiento de efluente                                           | FE (kg. de CH <sub>4</sub> /kg. de BOD) | Fuente |
|---------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|--------|
| Planta de tratamiento centralizado aeróbico (bien operada)                | 0,06                                    |        |
| Planta de tratamiento centralizado aeróbico (mal operada, con sobrecarga) | 0,18                                    |        |
| Sistema séptico                                                           | 0,50                                    |        |

<sup>26</sup> Se toma el límite superior para no despreciar por completo las posibles emisiones asociadas a las condiciones de cuencas de decantación y otros tanques operados en condiciones subóptimas.



|                                                                                    |      |           |
|------------------------------------------------------------------------------------|------|-----------|
| Letrina. Clima seco/húmedo, capa freática más baja que la letrina, muchos usuarios | 0,50 | Calculado |
| Letrina. Clima húmedo/descarga por agua, capa freática más alta que la letrina     | 0,70 |           |
| Cloaca estancada                                                                   | 0,50 |           |
| Eliminación en río, lago y mar                                                     | -    |           |

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 80. Parámetros para el cálculo de emisiones de óxido nítrico para el “III.4.1 Tratamiento y la eliminación de las aguas residuales domésticas.”

| Parámetro                                                                                                                                                      | Valor | Fuente                                                                                                                    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Proteína = consumo anual per cápita de proteínas, en kg/persona/año                                                                                            | 43,65 | En base a datos FAO [ <a href="https://www.fao.org/faostat/es/#country/9">https://www.fao.org/faostat/es/#country/9</a> ] |
| $F_{NON-CON}$ = factor de ajuste para la proteína no consumida                                                                                                 | 1,10  | Valor por defecto IPCC 2006 - Cuadro 6.11                                                                                 |
| $F_{NPR}$ = fracción de nitrógeno en proteínas                                                                                                                 | 0,16  | Valor por defecto IPCC 2006 - Ecuación 6.8                                                                                |
| $F_{IND-COM}$ = factor para proteínas industriales y comerciales co-vertida en el sistema de desagüe                                                           | 1,25  | Valor por defecto IPCC 2006 - Cuadro 6.11                                                                                 |
| $N_{LODO}$ = nitrógeno eliminado con lodos, kg N/año                                                                                                           | -     | Predeterminado                                                                                                            |
| $EF_{EFLUENTE}$ = factor de emisión para las emisiones de N <sub>2</sub> O de la descarga a las aguas residuales en N <sub>2</sub> O-N por kg N <sub>2</sub> O | 0,005 | Valor por defecto IPCC (Sección 6.3.1.2)                                                                                  |

Fuente: Elaboración propia.

## **C.IV.Procesos industriales y uso de productos (IPPU)**

### **IV.1.2 Industria química**

Dado que el cálculo de emisiones en esta sección se basa en el Nivel 1, se emplean los factores de emisión por defecto establecidos en las Directrices del IPCC 2006 (Volumen 3, Capítulo 3).

#### **Emisiones de CO<sub>2</sub>**

Para las emisiones de CO<sub>2</sub>, sólo se incluyen las provenientes de la “IV.1.2.e Producción de Metanol” y “IV.1.2.f Producción de Etileno”, ya que son los únicos compuestos que emiten este gas en su proceso productivo. Según datos oficiales<sup>27</sup> del Instituto Petroquímico Argentino, la producción de metanol en Santa Fe está a

<sup>27</sup> 44° Edición de la Información Estadística de la Industria Petroquímica y Química de Argentina

cargo de ARAUCO Argentina S.A., ubicada en Puerto General San Martín, la cual emplea el proceso Lurgi Convencional con gas natural como materia prima.

Por su parte, la producción de etileno corresponde a Pampa Energía S.A., con plantas en San Lorenzo y Puerto General San Martín, donde se utilizan tecnologías distintas:

- San Lorenzo: proceso Lurgi-Linde
- Puerto General San Martín: proceso Fish

Para cada caso, se aplican los factores de emisión del IPCC 2006 correspondientes a la sustancia de alimentación utilizada.

#### Emisiones de CH<sub>4</sub>

Para las emisiones de CH<sub>4</sub>, se incluyen los procesos de “IV.1.2.e Producción de Metanol” y “IV.1.2.f Producción de Etileno”, ya que son los que generan este gas en sus respectivas reacciones.

En cuanto a otros contaminantes:

- COVNM se generan en la producción de anhídrido ftálico, estireno, etilbenceno y etileno.

Todos los valores adoptados se pueden observar en la tabla 81:

Tabla 81. Consideraciones para el cálculo de emisiones de metano en la industria química.

|                                   | Metanol                                  | Etileno                                         |
|-----------------------------------|------------------------------------------|-------------------------------------------------|
| Sustancia de alimentación         | Gas natural                              | Propano                                         |
| Proceso                           | Convencional (Lurgi)                     | Fish                                            |
| Factor de emisión CO <sub>2</sub> | 0,670                                    | 0,836                                           |
| Fuente                            | Cuadro 3.12, Pág. 77<br>(Vol. 3, Cap. 3) | Cuadro 3.14, Pág. 77<br>(Vol. 3, Cap. 3)        |
| Factor de emisión CH <sub>4</sub> | 0.0023                                   | 0.0060                                          |
| Fuente                            | Volumen 3, Capítulo 3,<br>página 76      | Volumen 3, Capítulo 3,<br>Cuadro 3.16 página 78 |

Fuente: Elaboración propia.

### IV.1.3 Industria metalúrgica

Las actividades de producción de hierro reducido directo y acero crudo (IV.1.3.a) dentro de la provincia generan exclusivamente emisiones de CO<sub>2</sub>. Para calcular estas emisiones se utilizaron los factores de emisión de CO<sub>2</sub> de los Refinamientos 2019<sup>28</sup> de las Directrices del IPCC 2006, empleando un método de Nivel 1. En la siguiente tabla se observan los valores adoptados:

<sup>28</sup> <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2019rf/index.html>

Tabla 82. Consideraciones para el cálculo de emisiones de dióxido de carbono en la industria metalúrgica.

| Aleación       | Factor de emisión CO <sub>2</sub> | Fuente                                                                                                    |
|----------------|-----------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Hierro Esponja | 700                               | Tabla 4.1B , capítulo 4:<br>Emisiones de la industria de los metales - Guías Refinadas del 2019 del IPCC) |
| Acero EAF      | 180                               |                                                                                                           |

Fuente: Elaboración propia.

## IV.2 Uso de productos: lubricantes

A continuación se muestran los distintos parámetros utilizados para la construcción de los factores de emisión empleados para el cálculo de las emisiones del uso de lubricantes (IV.2).

Tabla 83. Parámetros para el cálculo de emisiones de uso de productos lubricantes.

| Parámetro                                                                    | Producto          |        |                          |                          |                     |
|------------------------------------------------------------------------------|-------------------|--------|--------------------------|--------------------------|---------------------|
|                                                                              | Bases Lubricantes | Grasas | Lubricantes automotrices | Lubricantes industriales | Lubricantes marinos |
| Fuente: 2006 IPCC (Volumen 3, Capítulo 5, Tabla 5.2) :Valor para Lubricantes |                   |        |                          |                          |                     |
| ODU                                                                          | 0,2               | 0,05   | 0,2                      | 0,2                      | 0,2                 |
| Fuente: Valor por defecto IPCC 2006 - Cuadro 1.3                             |                   |        |                          |                          |                     |
| CC                                                                           | 20                | 20     | 20                       | 20                       | 20                  |

Fuente: Elaboración propia.

## C.V. Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra (AFOLU)

### V.1 Ganadería

Tal como se mencionó en el apartado metodológico, en el presente inventario se emplearon factores de emisión de Nivel 2 para la “V.1.1 Fermentación entérica” y “V.1.2 Gestión del estiércol” en ganados bovinos de carne y de leche. Para el resto de las categorías se utilizaron factores de emisión por defecto brindados por el IPCC 2006. A los fines de simplificar la compleja construcción de los factores de emisión de Nivel 2, que muchas veces emplean una gran cantidad de parámetros específicos, se buscará presentar una versión ya calculada del factor de emisión, cuando así corresponda.

## V.1.1 Fermentación entérica

### Ganadería de leche

Tabla 84: Factores de emisión empleados para el cálculo de las emisiones en la ganadería de leche

| Categoría animal | FE (kg CH <sub>4</sub> /cabeza*año) |                 | Fuente           |
|------------------|-------------------------------------|-----------------|------------------|
|                  | Santa Fe Sur                        | Santa Fe Centro |                  |
| Vacas            | 139,09                              | 138,55          | Calculado IBT 1. |
| Vaquillonas      | 50,69                               | 50,69           |                  |
| Terneros         | -                                   | -               |                  |
| Terneras         | -                                   | -               |                  |
| Toros            | 79,19                               | 79,19           |                  |
| Bueyes           | 79,19                               | 79,19           |                  |
| Toritos          | 74,52                               | 74,52           |                  |

Fuente: Elaboración propia.

### Ganadería de carne

Tabla 85: Factores de emisión empleados para el cálculo de las emisiones en la ganadería de carne.

| Categoría animal | FE (kg CH <sub>4</sub> /cabeza*año) |       | Fuente           |
|------------------|-------------------------------------|-------|------------------|
|                  | Pampeana Norte                      | NEA   |                  |
| Vacas            | 68,93                               | 72,14 | Calculado IBT 1. |
| Vaquillonas      | 36,99                               | 54,43 |                  |
| Novillos         | 43,82                               | 60,90 |                  |
| Novillitos       | 43,82                               | 60,90 |                  |
| Terneros         | -                                   | -     |                  |
| Terneras         | -                                   | -     |                  |
| Toros            | 89,58                               | 93,21 |                  |
| Bueyes           | 89,58                               | 93,21 |                  |
| Toritos          | 89,58                               | 93,21 |                  |

Fuente: Elaboración propia.

## Otras ganaderías

Tabla 86: Factores de emisión empleados para el cálculo de las emisiones en otras ganaderías

| Categoría animal  | FE (kg CH <sub>4</sub> /cabeza*año) | Fuente                                                        |
|-------------------|-------------------------------------|---------------------------------------------------------------|
| Ovinos            | 5,00                                | Directrices del IPCC 2006, Vol. 4, Capítulo 10, Cuadro 10.10. |
| Caprinos          | 5,00                                |                                                               |
| Camélidos         | 8,00                                |                                                               |
| Equinos           | 18,00                               |                                                               |
| Mulares y Asnales | 10,00                               |                                                               |
| Porcinos          | 1,00                                |                                                               |
| Aves de corral    | -                                   |                                                               |

Fuente: Elaboración propia.

## V.1.2 Gestión del estiércol

### Directas de metano

Tabla 87: Factores de emisión de metano para la ganadería de leche aplicados en el cálculo de las emisiones provenientes de la gestión del estiércol (V.1.2).

| Categoría animal - Bovinos de leche | FE (kg CH <sub>4</sub> /cabeza*año) |                 | Fuente           |
|-------------------------------------|-------------------------------------|-----------------|------------------|
|                                     | Santa Fe Sur                        | Santa Fe Centro |                  |
| Vacas                               | 16,00                               | 16,45           | Calculado IBT 1. |
| Vaquillonas                         | 1,10                                | 1,10            |                  |
| Terneros                            | -                                   | -               |                  |
| Terneras                            | -                                   | -               |                  |
| Toros                               | 1,72                                | 1,72            |                  |
| Bueyes                              | 1,72                                | 1,72            |                  |
| Toritos                             | 1,62                                | 1,62            |                  |

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 88: Factores de emisión de metano para la ganadería de carne aplicados en el cálculo de las emisiones provenientes de la gestión del estiércol (V.1.2)..

| Categoría animal - Bovinos de carne | FE (kg CH <sub>4</sub> /cabeza*año) |      | Fuente           |
|-------------------------------------|-------------------------------------|------|------------------|
|                                     | Pampeana Norte                      | NEA  |                  |
| Vacas                               | 1,49                                | 1,56 | Calculado IBT 1. |
| Vaquillonas                         | 0,71                                | 1,10 |                  |
| Novillos                            | 0,63                                | 1,07 |                  |
| Novillitos                          | 0,63                                | 1,07 |                  |
| Terneros                            | -                                   | -    |                  |
| Ternereras                          | -                                   | -    |                  |
| Toros                               | 1,94                                | 2,02 |                  |
| Bueyes                              | 1,94                                | 2,02 |                  |
| Toritos                             | 1,94                                | 2,02 |                  |

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 89: Factores de emisión de metano para otras ganaderías no bovinas, aplicados en el cálculo de las emisiones provenientes de la gestión del estiércol. (V.1.2).

| Categoría animal - Otras ganaderías | FE (kg CH <sub>4</sub> /cabeza*año) | Fuente           |
|-------------------------------------|-------------------------------------|------------------|
| Ovinos                              | 0,06                                | Calculado IBT 1. |
| Caprinos                            | 0,05                                |                  |
| Camélidos                           | 0,16                                |                  |
| Equinos                             | 0,37                                |                  |
| Mulares y Asnales                   | 0,20                                |                  |
| Porcinos                            | 1,00                                |                  |
| Aves de corral                      | 0,01                                |                  |

Fuente: Elaboración propia.

#### Directas de óxido nitroso (N<sub>2</sub>O)

Los parámetros y factores de emisión para ésta categoría se tomaron del IBT 1 y son específicos para las regiones ganaderas asignadas a cada departamento. Debido a la gran cantidad y variabilidad de parámetros se busca presentar los factores y parámetros de la forma más resumida posible.

Tabla 90: factores de emisión utilizados en el cálculo de las emisiones directas de N<sub>2</sub>O para la ganadería lechera, segregados por región.

| Categoría animal<br>Bovinos de leche | Nex(t) * Ms(t)(s)<br>(kg N/cabeza*año) |                               |                 |                               |
|--------------------------------------|----------------------------------------|-------------------------------|-----------------|-------------------------------|
|                                      | Santa Fe Sur                           |                               | Santa Fe Centro |                               |
|                                      | Pasturas                               | Laguna anaeróbica no cubierta | Pasturas        | Laguna anaeróbica no cubierta |
| Fuente: Calculado IBT 1.             |                                        |                               |                 |                               |
| Vacas                                | 112,71                                 | 11,21                         | 112,31          | 11,13                         |
| Vaquillonas                          | 53                                     | -                             | 53              | -                             |
| Terneros                             | -                                      | -                             | -               | -                             |
| Terneras                             | -                                      | -                             | -               | -                             |
| Toros                                | 82                                     | -                             | 82              | -                             |
| Bueyes                               | 82                                     | -                             | 82              | -                             |
| Toritos                              | 77                                     | -                             | 77              | -                             |

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 91: factores de emisión utilizados en el cálculo de las emisiones directas de N<sub>2</sub>O para la ganadería de carne, segregados por región.

| Categoría animal -<br>Bovinos de carne | Nex(t) * Ms(t)(s)<br>(kg N/cabeza*año) |                     |                   |          |                     |
|----------------------------------------|----------------------------------------|---------------------|-------------------|----------|---------------------|
|                                        | Pampeana Norte                         |                     |                   | NEA      |                     |
|                                        | Pasturas                               | Distribución diaria | Corral de engorde | Pasturas | Distribución diaria |
| Fuente: Calculado IBT 1.               |                                        |                     |                   |          |                     |
| Vacas                                  | 50                                     | -                   | -                 | 39       | -                   |
| Vaquillonas                            | 21                                     | 8                   | 9                 | 29       | 2                   |
| Novillos                               | 28                                     | 19                  | -                 | 38       | 9                   |
| Novillitos                             | 28                                     | 19                  | -                 | 38       | 9                   |
| Terneros                               | -                                      | -                   | -                 | -        | -                   |
| Terneras                               | -                                      | -                   | -                 | -        | -                   |
| Toros                                  | 65                                     | -                   | -                 | 50       | -                   |
| Bueyes                                 | -                                      | -                   | -                 | -        | -                   |
| Toritos                                | -                                      | -                   | -                 | -        | -                   |

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 92: factores de emisión utilizados en el cálculo de las emisiones directas de N<sub>2</sub>O para las otras ganaderías no bovinas.

| Categoría animal         | Nex(t) * Ms(t)(s)<br>(kg N/cabeza*año) |
|--------------------------|----------------------------------------|
| Fuente: Calculado IBT 1. |                                        |
| Ovinos                   | 47,14                                  |
| Caprinos                 | 3,62                                   |
| Camélidos                | 2,98                                   |
| Equinos                  | 10,91                                  |
| Mulares y Asnales        | 21,83                                  |
| Porcinos                 | 16,05                                  |
| Aves de corral           | 0,40                                   |

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 93: Factores de emisión empleados para el cálculo de emisiones Directas de N<sub>2</sub>O de la gestión del estiércol.

| Descripción                                                                                                                     | Almacenaje de sólidos | Corral de engorde | Fuente                                                       |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|-------------------|--------------------------------------------------------------|
| FE3: Factor de emisión para emisiones Directas de N <sub>2</sub> O de la gestión del estiércol (kg N <sub>2</sub> O/cabeza*año) | 0,005                 | 0,020             | Directrices del IPCC 2006, Vol. 4, Capítulo 10, Cuadro 10.21 |

Fuente: Elaboración propia.

### Indirectas de óxido nítrico

Tabla 94: Factores de emisión empleados para el cálculo de emisiones Indirectas de N<sub>2</sub>O de la gestión del estiércol.

| Descripción                                                                                                                                              | Valor  |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| Fuente: Directrices del IPCC 2006, Vol. 4, Capítulo 11, Cuadro 11.3                                                                                      |        |
| FE4: Factor de Volatilización y redeposición de N, kg N <sub>2</sub> O-N (kg NH <sub>3</sub> -N + NO <sub>x</sub> -N volatilizado)-1                     | 0,010  |
| FE5: factor de emisión para emisiones de N <sub>2</sub> O por lixiviación y escurrimiento de nitrógeno, kg N <sub>2</sub> O-N/kg N lixiviado o escurrido | 0,0075 |

Fuente: Elaboración propia.



**Tabla 95: Porcentajes de Pérdida de N del MMS debido a la volatilización para cada tipo de ganadería.**

| <b>Frac gas MS: Pérdida de N del MMS debido a la volatilización (%)</b>     | <b>Bovinos de carne y de leche</b> | <b>Resto de ganaderías (excepto aves)</b> | <b>Aves</b> |
|-----------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------------|-------------|
| <i>Fuente: Directrices del IPCC 2006, Vol. 4, Capítulo 10, Cuadro 10.22</i> |                                    |                                           |             |
| Distribución diaria                                                         | 7%                                 | 0%                                        | 0%          |
| Almacenaje de sólidos                                                       | 45%                                | 25%                                       | 25%         |
| Corral de engorde                                                           | 30%                                | 0%                                        | 40%         |
| Laguna anaeróbica no cubierta                                               | 35%                                | 40%                                       | 40%         |
| Almacenamiento en pozos por debajo de lugares de confinamiento animal       | 0%                                 | 25%                                       | 25%         |
| Digestor anaeróbico                                                         | 0%                                 | 0%                                        | 0%          |
| Camas profundas para vacunos y porcinos                                     | 30%                                | 40%                                       | 48%         |
| Tratamiento aeróbico                                                        | 0%                                 | 0%                                        | 0%          |

*Fuente: Elaboración propia.*

**Tabla 96: Porcentajes de Pérdidas de N debido a escurrimiento y lixiviación durante el almacenamiento sólido y líquido del estiércol**

| <b>Frac leach MS: Pérdidas de N debido a escurrimiento y lixiviación durante el almacenamiento sólido y líquido del estiércol (%)</b> | <b>Bovinos de carne y de leche</b> | <b>Resto de ganaderías (excepto Aves)</b> | <b>Aves</b> |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------------|-------------|
| <i>Fuente: Directrices del IPCC 2006, Vol. 4, Capítulo 10, Cuadro 10.22</i>                                                           |                                    |                                           |             |
| Distribución diaria                                                                                                                   | 10%                                | 10%                                       | 10%         |
| Almacenaje de sólidos                                                                                                                 | 10%                                | 10%                                       | 10%         |
| Corral de engorde                                                                                                                     | 10%                                | 10%                                       | 0%          |
| Laguna anaeróbica no cubierta                                                                                                         | 0%                                 | 0%                                        | 0%          |
| Almacenamiento en pozos por debajo de lugares de confinamiento animal                                                                 | 0%                                 | 0%                                        | 0%          |
| Digestor anaeróbico                                                                                                                   | 0%                                 | 0%                                        | 0%          |
| Camas profundas para vacunos y porcinos                                                                                               | 10%                                | 10%                                       | 0%          |
| Tratamiento aeróbico                                                                                                                  | 0%                                 | 10%                                       | 10%         |

*Fuente: Elaboración propia.*

## V.2.Uso y cambio de uso del suelo

### V.2.1.ai.1, V.2.1.ai.2 Bosques nativos que permanecen como tales

Tabla 97: Parámetros empleados en el cálculo de las emisiones de los usos del suelo en los bosques nativos que permanecen como tales (V.2.1.ai.1, V.2.1.ai.2)

| Descripción                                                                                                                                                                                   | Parque Chaqueño | Espinal | Fuente                                            |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|---------|---------------------------------------------------|
| <b>Gtotal:</b> crecimiento medio anual de la biomasa, tn Materia Seca/ha/año                                                                                                                  | 1,00            | 0,7     | Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático |
| <b>CF:</b> fracción de carbono de materia seca, tonC/tonMateriaSeca                                                                                                                           | 0,48            | 0,48    | FRA2015                                           |
| <b>BCEFr:</b> factor de conversión y expansión de biomasa para la conversión de remociones en volumen venable a remociones totales de biomasa, ton remoción de biomasa área/m3 de remociones. | 3,83            | 4,34    | FRA2015                                           |
| <b>Rr:</b> relación entre la biomasa subterránea y aérea para un tipo específico de vegetación (para cosecha), ton Materia Seca BS/ton Materia Seca BA.                                       | 0,28            | 0,23    | FRA2015                                           |
| <b>D:</b> densidad básica de la madera                                                                                                                                                        | 0,92            | 0,80    | Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático |
| <b>Volúmen comercial,</b> tn/ha                                                                                                                                                               | 20,70           | 16,40   | FRA2015.                                          |

Fuente: Elaboración propia.

### V2.1.ii.1, V.2.1.ii.2 Bosques cultivados que permanecen como tales

Tabla 98: Parámetros empleados en el cálculo de las emisiones de los usos del suelo en los bosques cultivados que permanecen como tales (V2.1.ii.1, V.2.1.ii.2).

| Parámetros                                                                                                      | Especies  |            |       |            |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|------------|-------|------------|
|                                                                                                                 | Coníferas | Eucaliptos | Otras | Salicáceas |
| Fuente: IBT 1                                                                                                   |           |            |       |            |
| D: Densidad Promedio (madera verde),(gr./cm3)                                                                   | 0,47      | 0,62       | 0,957 | 0,65       |
| Iv: Incremento anual neto promedio para un tipo de vegetación específica (m3/ha/año)                            | 25,00     | 21,25      | 14,50 | 21,50      |
| Fuente: IPCC 2006                                                                                               |           |            |       |            |
| BCEFi: Factor de conversión y expansión de biomasa en crecimiento, (ton biomasa/m3 de madera)                   | 0,69      | 0,60       | 0,60  | 0,60       |
| BCEFr: Factor de conversión y expansión de biomasa para la conversión de remociones, (ton biomasa/m3 de madera) | 0,77      | 0,89       | 0,89  | 0,89       |
| Ri: (Relación biomasa aérea/biomasa subterránea) Para crecimiento, (tMS/tMS)                                    | 0,20      | 0,28       | 0,23  | 0,23       |
| Ri: (Relación biomasa aérea/biomasa subterránea) Para cosecha, (tMS/tMS)                                        | 0,20      | 0,20       | 0,24  | 0,24       |
| CF: Fracción de carbono de materia seca, (tC/tMS)                                                               | 0,47      | 0,47       | 0,47  | 0,47       |

Fuente: Elaboración propia.

### V.2.3.a, V.2.3.bi, V.2.3.bii, V.2.2.a, V.2.2.bi, V.2.2.bii - Pastizales y Tierras de cultivo

*Tabla 99: Parámetros para el balance de biomasa en tierras diferentes a tierras forestales que permanecen como tales.*

| Origen (Clasificación IPCC)             | Región / Cobertura (Origen)                | Clima (Clasificación IPCC) | F <sub>LU</sub> <sup>29</sup> | F <sub>MG</sub> <sup>30</sup> | F <sub>I</sub> <sup>31</sup> | Fuente de información |
|-----------------------------------------|--------------------------------------------|----------------------------|-------------------------------|-------------------------------|------------------------------|-----------------------|
| Tierras Forestales - Bosques Nativos    | Espinal / Tierras Forestales               | Subtropical Húmedo         | 1,00                          | 1,00                          | 1,00                         | IPCC 2006             |
| Tierras Forestales - Bosques Nativos    | Espinal / Tierras Forestales               | Templado Cálido Húmedo     | 1,00                          | 1,00                          | 1,00                         |                       |
| Tierras Forestales - Bosques Nativos    | Espinal / Tierras Forestales               | Templado Cálido Seco       | 1,00                          | 1,00                          | 1,00                         |                       |
| Tierras Forestales - Bosques Nativos    | Espinal / Otras Tierras Forestales         | Subtropical Húmedo         | 1,00                          | 1,00                          | 1,00                         |                       |
| Tierras Forestales - Bosques Nativos    | Espinal / Otras Tierras Forestales         | Templado Cálido Húmedo     | 1,00                          | 1,00                          | 1,00                         |                       |
| Tierras Forestales - Bosques Nativos    | Espinal / Otras Tierras Forestales         | Templado Cálido Seco       | 1,00                          | 1,00                          | 1,00                         |                       |
| Tierras Forestales - Bosques Nativos    | Parque Chaqueño / Otras Tierras Forestales | Subtropical Húmedo         | 1,00                          | 1,00                          | 1,00                         |                       |
| Tierras Forestales - Bosques Nativos    | Parque Chaqueño / Otras Tierras Forestales | Templado Cálido Húmedo     | 1,00                          | 1,00                          | 1,00                         |                       |
| Tierras Forestales - Bosques Nativos    | Parque Chaqueño / Otras Tierras Forestales | Templado Cálido Seco       | 1,00                          | 1,00                          | 1,00                         |                       |
| Tierras Forestales - Bosques Nativos    | Parque Chaqueño / Tierras Forestales       | Subtropical Húmedo         | 1,00                          | 1,00                          | 1,00                         |                       |
| Tierras Forestales - Bosques Nativos    | Parque Chaqueño / Tierras Forestales       | Templado Cálido Húmedo     | 1,00                          | 1,00                          | 1,00                         |                       |
| Tierras Forestales - Bosques Nativos    | Parque Chaqueño / Tierras Forestales       | Templado Cálido Seco       | 1,00                          | 1,00                          | 1,00                         |                       |
| Tierras Forestales - Bosques Cultivados | Bosques Cultivados                         | Subtropical Húmedo         | 1,00                          | 1,00                          | 1,00                         |                       |
| Tierras Forestales - Bosques Cultivados | Bosques Cultivados                         | Templado Cálido Húmedo     | 1,00                          | 1,00                          | 1,00                         |                       |

<sup>29</sup> F<sub>LU</sub>: factor de cambio de existencias para sistemas de uso de la tierra, (sin dimensión).

<sup>30</sup> F<sub>MG</sub>: factor de cambio de existencias para el régimen de gestión, (sin dimensión).

<sup>31</sup> F<sub>I</sub>: factor de cambio de existencias para el aporte de materia orgánica, (sin dimensión).

|                                         |                    |                        |      |      |      |
|-----------------------------------------|--------------------|------------------------|------|------|------|
| Tierras Forestales - Bosques Cultivados | Bosques Cultivados | Templado Cálido Seco   | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| Tierras de Cultivo - Cultivos           | Cultivos           | Subtropical Húmedo     | 0,48 | 1,20 | 1,11 |
| Tierras de Cultivo - Cultivos           | Cultivos           | Templado Cálido Húmedo | 0,69 | 1,14 | 1,11 |
| Tierras de Cultivo - Cultivos           | Cultivos           | Templado Cálido Seco   | 0,80 | 1,09 | 1,04 |
| Pastizales - Forrajeras                 | Forrajeras         | Subtropical Húmedo     | 1,00 | 1,17 | 1,00 |
| Pastizales - Forrajeras                 | Forrajeras         | Templado Cálido Húmedo | 1,00 | 1,14 | 1,00 |
| Pastizales - Forrajeras                 | Forrajeras         | Templado Cálido Seco   | 1,00 | 1,14 | 1,00 |
| Pastizales - Campo Natural              | Campo Natural      | Subtropical Húmedo     | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| Pastizales - Campo Natural              | Campo Natural      | Templado Cálido Húmedo | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| Pastizales - Campo Natural              | Campo Natural      | Templado Cálido Seco   | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| Tierras de Cultivo - Frutales           | Frutales           | Templado Cálido Seco   | 1,00 | 1,10 | 1,04 |
| Tierras de Cultivo - Frutales           | Frutales           | Templado Cálido Húmedo | 1,00 | 1,15 | 1,11 |
| Tierras de Cultivo - Frutales           | Frutales           | Subtropical Húmedo     | 1,00 | 1,22 | 1,11 |

*Fuente: Elaboración propia.*

### V.2.7. Variación de la materia orgánica del suelo

*Tabla 100: Parámetros para el balance de biomasa en tierras diferentes a tierras forestales que permanecen como tales.*

| Origen (Clasificación IPCC)          | Región / Cobertura (Origen)  | Clima (Clasificación IPCC) | Biomasa Aérea (tC/ha) | Biomasa debajo del suelo (tC/ha) | Fuente de información |
|--------------------------------------|------------------------------|----------------------------|-----------------------|----------------------------------|-----------------------|
| Tierras Forestales - Bosques Nativos | Espinal / Tierras Forestales | Subtropical Húmedo         | 110,47                | 25,41                            | Estimado IBT1         |
| Tierras Forestales - Bosques Nativos | Espinal / Tierras Forestales | Templado Cálido Húmedo     | 110,47                | 25,41                            |                       |
| Tierras Forestales - Bosques Nativos | Espinal / Tierras Forestales | Templado Cálido Seco       | 110,47                | 25,41                            |                       |

|                                         |                                            |                        |        |       |           |
|-----------------------------------------|--------------------------------------------|------------------------|--------|-------|-----------|
| Tierras Forestales - Bosques Nativos    | Espinal / Otras Tierras Forestales         | Subtropical Húmedo     | 80,00  | 25,60 |           |
| Tierras Forestales - Bosques Nativos    | Espinal / Otras Tierras Forestales         | Templado Cálido Húmedo | 80,00  | 25,60 |           |
| Tierras Forestales - Bosques Nativos    | Espinal / Otras Tierras Forestales         | Templado Cálido Seco   | 80,00  | 25,60 |           |
| Tierras Forestales - Bosques Nativos    | Parque Chaqueño / Otras Tierras Forestales | Subtropical Húmedo     | 65,84  | 21,07 |           |
| Tierras Forestales - Bosques Nativos    | Parque Chaqueño / Otras Tierras Forestales | Templado Cálido Húmedo | 65,84  | 21,07 |           |
| Tierras Forestales - Bosques Nativos    | Parque Chaqueño / Otras Tierras Forestales | Templado Cálido Seco   | 65,84  | 21,07 |           |
| Tierras Forestales - Bosques Nativos    | Parque Chaqueño / Tierras Forestales       | Subtropical Húmedo     | 129,03 | 36,13 |           |
| Tierras Forestales - Bosques Nativos    | Parque Chaqueño / Tierras Forestales       | Templado Cálido Húmedo | 129,03 | 36,13 |           |
| Tierras Forestales - Bosques Nativos    | Parque Chaqueño / Tierras Forestales       | Templado Cálido Seco   | 129,03 | 36,13 |           |
| Tierras Forestales - Bosques Cultivados | Bosques Cultivados                         | Subtropical Húmedo     | -      | -     | IPCC 2006 |
| Tierras Forestales - Bosques Cultivados | Bosques Cultivados                         | Templado Cálido Húmedo | -      | -     |           |
| Tierras Forestales - Bosques Cultivados | Bosques Cultivados                         | Templado Cálido Seco   | -      | -     |           |
| Tierras de Cultivo - Cultivos           | Cultivos                                   | Subtropical Húmedo     | 10,64  | 0,00  |           |
| Tierras de Cultivo - Cultivos           | Cultivos                                   | Templado Cálido Húmedo | 10,64  | 0,00  |           |
| Tierras de Cultivo - Cultivos           | Cultivos                                   | Templado Cálido Seco   | 10,64  | 0,00  |           |
| Pastizales - Forrajeras                 | Forrajeras                                 | Subtropical Húmedo     | 6,20   | 9,90  |           |
| Pastizales - Forrajeras                 | Forrajeras                                 | Templado Cálido Húmedo | 2,70   | 10,80 |           |
| Pastizales - Forrajeras                 | Forrajeras                                 | Templado Cálido Seco   | 1,60   | 4,50  |           |
| Pastizales - Campo Natural              | Campo Natural                              | Subtropical Húmedo     | 6,20   | 9,90  |           |
| Pastizales - Campo Natural              | Campo Natural                              | Templado Cálido Húmedo | 2,70   | 10,80 |           |

|                               |               |                        |       |      |  |
|-------------------------------|---------------|------------------------|-------|------|--|
| Pastizales - Campo Natural    | Campo Natural | Templado Cálido Seco   | 1,60  | 4,50 |  |
| Tierras de Cultivo - Frutales | Frutales      | Templado Cálido Seco   | 21,28 | 0,00 |  |
| Tierras de Cultivo - Frutales | Frutales      | Templado Cálido Húmedo | 21,28 | 0,00 |  |
| Tierras de Cultivo - Frutales | Frutales      | Subtropical Húmedo     | 21,28 | 0,00 |  |

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 101: Carbono orgánico de referencia del suelo por departamento.

| Departamento/ partido/ comuna | SOC <sub>ref</sub> - Carbono de referencia (tC/ha) | Fuente    |
|-------------------------------|----------------------------------------------------|-----------|
| BELGRANO                      | 38,00                                              | IPCC 2006 |
| CASEROS                       | 38,00                                              |           |
| CASTELLANOS                   | 88,00                                              |           |
| CONSTITUCIÓN                  | 38,00                                              |           |
| GARAY                         | 88,00                                              |           |
| GRAL. LÓPEZ                   | 38,00                                              |           |
| GRAL. OBLIGADO                | 86,00                                              |           |
| IRIONDO                       | 38,00                                              |           |
| LA CAPITAL                    | 88,00                                              |           |
| LAS COLONIAS                  | 88,00                                              |           |
| 9 DE JULIO                    | 38,00                                              |           |
| ROSARIO                       | 38,00                                              |           |
| SAN CRISTÓBAL                 | 38,00                                              |           |
| SAN JAVIER                    | 88,00                                              |           |
| SAN JERÓNIMO                  | 88,00                                              |           |
| SAN JUSTO                     | 88,00                                              |           |
| SAN LORENZO                   | 38,00                                              |           |
| SAN MARTÍN                    | 38,00                                              |           |
| VERA                          | 88,00                                              |           |

Fuente: Elaboración propia.

### V.3 Emisiones procedentes de fuentes agregadas y emisiones del suelo distintas al CO<sub>2</sub>

#### V.3.1 Emisiones derivadas de la quema de biomasa (sin aprovechamiento energético)

Tabla 102: Parámetros de masa combustible (Mb) disponible para la combustión en los distintos usos de la tierra, en unidades de ton ha<sup>-1</sup>.

| DESCRIPCIÓN | Mb: masa de combustible disponible para la combustión, tnMS/ha | CRITERIO |
|-------------|----------------------------------------------------------------|----------|
|-------------|----------------------------------------------------------------|----------|

Fuente: IPCC 2006 - Cuadro 2.4

|                                                                                                |        |                     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|---------------------|
| Masa de combustible disponible para la combustión en bosques nativos                           | 50,40  | Bosque tropical     |
| Masa de combustible disponible para la combustión en bosques cultivados                        | 50,40  | Bosque tropical     |
| Masa de combustible disponible para la combustión en arbustales                                | 26,70  | Sabana y pastizales |
| Masa de combustible disponible para la combustión en pastizales                                | 2,10   | Sabana y pastizales |
| Masa de combustible disponible para la combustión en biomasa sin determinar                    | 2,10   | Sabana y pastizales |
| Masa de combustible disponible para la combustión en residuos de cosecha de caña de azúcar     | 6,50   | Residuos agrícolas  |
| Masa de combustible disponible para la combustión en residuos de cosecha de lino               | 4,0    | Residuos agrícolas  |
| <i>Fuente: Dato local</i>                                                                      |        |                     |
| Masa de combustible disponible para la combustión en Espinal, Tierras forestales               | 110,47 | -                   |
| Masa de combustible disponible para la combustión en Espinal, Otras tierras forestales         | 80,00  | -                   |
| Masa de combustible disponible para la combustión en Parque chaqueño, Tierras forestales       | 129,03 | -                   |
| Masa de combustible disponible para la combustión en Parque chaqueño, Otras tierras forestales | 65,84  | -                   |

*Fuente: Elaboración propia.*



*Tabla 103: Factores de emisión (Gef) para las emisiones de metano (CH<sub>4</sub>) y óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), en unidades de: g kg<sup>-1</sup> de materia seca quemada*

| DESCRIPCIÓN                                                  | FE CH <sub>4</sub> , g CH <sub>4</sub> / kg materia seca quemada | FE N <sub>2</sub> O, g N <sub>2</sub> O / kg materia seca quemada | FUENTE                 | CRITERIO            |
|--------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|------------------------|---------------------|
| Factor de emisión por quema de biomasa en bosques nativos    | 6,80                                                             | 0,20                                                              | IPCC 2006 - Cuadro 2.5 | Bosque tropical     |
| Factor de emisión por quema de biomasa en bosques cultivados | 6,80                                                             | 0,20                                                              | IPCC 2006 - Cuadro 2.5 | Bosque tropical     |
| Factor de emisión por quema de biomasa en arbustales         | 2,30                                                             | 0,21                                                              | IPCC 2006 - Cuadro 2.5 | Sabana y pastizales |
| Factor de emisión por quema de biomasa en pastizales         | 2,30                                                             | 0,21                                                              | IPCC 2006 - Cuadro 2.5 | Sabana y pastizales |
| Factor de emisión por quema de biomasa sin determinar        | 2,30                                                             | 0,21                                                              | IPCC 2006 - Cuadro 2.5 | Sabana y pastizales |
| Factor de emisión por quema de residuos de cosecha           | 2,70                                                             | 0,07                                                              | IPCC 2006 - Cuadro 2.5 | Residuos agrícolas  |

*Fuente: Elaboración propia.*

Tabla 104: Factor de combustión (Cf), adimensional

| DESCRIPCIÓN                                                     | FE CH <sub>4</sub> , g CH <sub>4</sub> / kg materia seca quemada | FUENTE                 | CRITERIO            |
|-----------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|------------------------|---------------------|
| Factor de combustión para bosques nativos                       | 0,45                                                             | IPCC 2006 - Cuadro 2.6 | Bosque tropical     |
| Factor de combustión para bosques cultivados                    | 0,45                                                             | IPCC 2006 - Cuadro 2.6 | Bosque tropical     |
| Factor de combustión para arbustales                            | 0,95                                                             | IPCC 2006 - Cuadro 2.6 | Sabana y pastizales |
| Factor de combustión para pastizales                            | 0,74                                                             | IPCC 2006 - Cuadro 2.6 | Sabana y pastizales |
| Factor de combustión para biomasa sin determinar                | 0,74                                                             | IPCC 2006 - Cuadro 2.6 | Sabana y pastizales |
| Factor de combustión para residuos de cosecha de caña de azúcar | 0,80                                                             | IPCC 2006 - Cuadro 2.6 | Residuos agrícolas  |
| Factor de combustión para residuos de cosecha de lino           | 0,90                                                             | IPCC 2006 - Cuadro 2.6 | Residuos agrícolas  |

Fuente: Elaboración propia.

### V.3.4 Emisiones de óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) directo proveniente de los suelos gestionados.

#### Aplicación Abono orgánico a campo, Fertilizantes sintéticos y Mineralización de N<sub>2</sub> por pérdida de materia orgánica de suelos

Tabla 105: factor de emisión para emisiones de N<sub>2</sub>O de aportes de N

| Descripción                                                                                                                                                             | Valor (kg N <sub>2</sub> O–N / kg N) | Fuente                                             |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------------------------------|
| EF1: Para aportes de N de fertilizantes minerales, abonos orgánicos y residuos agrícolas, y N mineralizado de suelos minerales a causa de pérdida de carbono del suelo. | 0,010                                | Cuadro 11.1 - Página 11.12 - Guía IPCC 2006 Vol. 4 |

Fuente: Elaboración propia., Guía IPCC 2006 Vol. 4

### Excretas en pasturas

Tabla 106: factor de emisión para emisiones de  $N_2O$  del N de la orina y el estiércol depositado en pasturas, prados y praderas por animales en pastoreo

| Descripción                                                                                                                                                                        | Valor (kg $N_2O-N$ / kg N) | Fuente                                                      |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|-------------------------------------------------------------|
| <i>EF3prp</i> : Factor de emisión para emisiones de $N_2O$ del N de la orina y el estiércol depositado en pasturas, por animales en pastoreo - Bovinos, aves de corral y porcinos. | 0,020                      | Cuadro 11.1 -<br>Página 11.12 -<br>Guía IPCC<br>2006 Vol. 4 |
| <i>EF3prp</i> : Factor de emisión para emisiones de $N_2O$ del N de la orina y el estiércol depositado en pasturas, por animales en pastoreo - Ovinos y otros                      | 0,010                      |                                                             |

Fuente: Elaboración propia.

### V.3.5 Emisiones de óxido nitroso ( $N_2O$ ) indirecto de suelos gestionados

Tabla 107: Parámetros y factores de emisión para el cálculo de las emisiones indirectas de óxido nitroso ( $N_2O$ ) asociadas a suelos gestionados

| Descripción                                                                                                               | Valor (kg $N_2O-N$ / kg N) | Fuente                                                                  |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|-------------------------------------------------------------------------|
| <i>FE4</i> : Factor de emisión por volatilización (kg $N-N_2O$ /kg $NH_3-N$ + $NO_x-N$ volatilizado)                      | 0,01                       | Cuadro 11.3,<br>Capítulo 11,<br>Volumen 4 –<br>Directrices<br>IPCC 2006 |
| <i>FE5</i> :Factor de emisión por lixiviación y escurrimiento (kg $N-N_2O$ /kg $NH_3-N$ + $NO_x-N$ lixiviado o escurrido) | 0,0075                     |                                                                         |
| <i>fracgasf</i> : Fracción de fertilizante sintético que se volatiliza como $NH_3$ y $NO_x$                               | 0,1                        |                                                                         |
| <i>fracgasm</i> : Fracción de excretas de animales manejadas que se volatiliza como $NH_3$ y $NO_x$                       | 0,2                        |                                                                         |
| fraclixiviación-h:Fracción del N agregado que se pierde por lixiviación o escurrimiento                                   | 0,3                        |                                                                         |

Fuente: Elaboración propia.

### V.3.3 Aplicación de urea

El factor de emisión por defecto es de 0,20 ton de C (ton de urea)-1 para emisiones de carbono por aplicaciones de urea, que luego se convierten en toneladas de  $CO_2$  a través del factor 44/12.

### **V.3.7 Cultivo de arroz**

*Tabla 108: Parámetros y factor de emisión para el cálculo de las emisiones de metano (CH<sub>4</sub>) provenientes de los cultivos de arroz.*

| Variable                                        | Definición                        | Fuente              | Valor |
|-------------------------------------------------|-----------------------------------|---------------------|-------|
| Días                                            | Tiempo de inundación arrozales    | Dato FAO            | 100   |
| FE Arroz diario en Kg CH <sub>4</sub> /(ha.día) | Factor ajustado de emisión diaria | Ecuación 5.2. IBT 1 | 1,13  |

*Fuente: Elaboración propia.*

## ANEXO D: REPORTE DE EMISIONES

| N.º ref GPC: | Alcan-ce | Fuentes de emisión de GEI (por Sector y Subsector)                                                                                            | Claves de nota-ción | Gases de efecto invernadero (en toneladas) |                 |                  |     |     |                 |                          |                     |                 |        |        | Comentarios explicativos (claves de notación) | Nivel de complejidad metodológica | Nivel de reporte GPC |
|--------------|----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|--------------------------------------------|-----------------|------------------|-----|-----|-----------------|--------------------------|---------------------|-----------------|--------|--------|-----------------------------------------------|-----------------------------------|----------------------|
|              |          |                                                                                                                                               |                     | CO <sub>2</sub>                            | CH <sub>4</sub> | N <sub>2</sub> O | HFC | PFC | SF <sub>6</sub> | TOTAL CO <sub>2</sub> eq | CO <sub>2</sub> (b) | NO <sub>x</sub> | CO     | COVNM  | SO <sub>2</sub>                               |                                   |                      |
| I            |          | ENERGÍA ESTACIONARIA                                                                                                                          |                     |                                            |                 |                  |     |     |                 |                          |                     |                 |        |        |                                               |                                   |                      |
| I.1          |          | Edificios residenciales                                                                                                                       |                     |                                            |                 |                  |     |     |                 |                          |                     |                 |        |        |                                               |                                   |                      |
| I.1.1        | 1        | Emisiones provenientes de la quema de combustible dentro de los límites de la jurisdicción                                                    |                     | 1.651.319                                  | 162             | 3                |     |     |                 | 1.656.698                | 6.946               | 22.445          | 7.411  | 2.323  |                                               | Nivel 1 y 2                       | Básico               |
| I.1.2        | 2        | Emisiones provenientes de la energía suministrada en red consumida dentro de los límites de la jurisdicción                                   |                     | 991.071                                    | 22              | 6                |     |     |                 | 993.390                  |                     |                 |        |        |                                               | Nivel 2                           | Básico               |
| I.1.3        | 3        | Emisiones provenientes de las pérdidas de transmisión y distribución del consumo de energía suministrada en red                               |                     | 186.787                                    | 4               | 1                |     |     |                 | 187.224                  |                     |                 |        |        |                                               | Nivel 2                           | Básico +             |
| I.2          |          | Edificios e instalaciones comerciales e institucionales                                                                                       |                     |                                            |                 |                  |     |     |                 |                          |                     |                 |        |        |                                               |                                   |                      |
| I.2.1        | 1        | Emisiones provenientes de la quema de combustible dentro de los límites de la jurisdicción                                                    |                     | 249.354                                    | 64              | 1                |     |     |                 | 251.401                  | 15.469              | 267             | 179    | 121    | 4                                             | Nivel 1 y 2                       | Básico               |
| I.2.2        | 2        | Emisiones provenientes de la energía suministrada en red consumida dentro de los límites de la jurisdicción                                   |                     | 995.378                                    | 22              | 6                |     |     |                 | 997.707                  |                     |                 |        |        |                                               | Nivel 2                           | Básico               |
| I.2.3        | 3        | Emisiones provenientes de las pérdidas de transmisión y distribución del consumo de energía suministrada en red                               |                     | 187.598                                    | 4               | 1                |     |     |                 | 188.037                  |                     |                 |        |        |                                               | Nivel 2                           | Básico +             |
| I.3          |          | Construcción e industrias manufactureras                                                                                                      |                     |                                            |                 |                  |     |     |                 |                          |                     |                 |        |        |                                               |                                   |                      |
| I.3.1        | 1        | Emisiones provenientes de la quema de combustible dentro de los límites de la jurisdicción                                                    |                     | 3.861.207                                  | 86              | 10               |     |     |                 | 3.866.388                | 38.374              | 910             | 38.731 | 38.657 | 8                                             | Nivel 1 y 2                       | Básico               |
| I.3.2        | 2        | Emisiones provenientes de la energía suministrada en red consumida dentro de los límites de la jurisdicción                                   |                     | 507.488                                    | 11              | 3                |     |     |                 | 508.676                  |                     |                 |        |        |                                               | Nivel 2                           | Básico               |
| I.3.3        | 3        | Emisiones provenientes de las pérdidas de transmisión y distribución del consumo de energía suministrada en red                               |                     | 95.646                                     | 2               | 1                |     |     |                 | 95.870                   |                     |                 |        |        |                                               | Nivel 2                           | Básico +             |
| I.4          |          | Industrias energéticas                                                                                                                        |                     |                                            |                 |                  |     |     |                 |                          |                     |                 |        |        |                                               |                                   |                      |
| I.4.1        | 1        | Emisiones provenientes de la energía utilizada en las operaciones auxiliares de centrales eléctricas dentro de los límites de la jurisdicción |                     | 143.435                                    | 4               | 4                |     |     |                 | 144.611                  | 5.981               |                 |        |        |                                               |                                   |                      |

|         |   |                                                                                                                                                                       |    |           |       |     |  |  |  |           |       |        |       |       |       |                                                                                                                                            |             |             |
|---------|---|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|-----------|-------|-----|--|--|--|-----------|-------|--------|-------|-------|-------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|-------------|
| I.4.1.a | 1 | Emisiones provenientes de la energía auxiliar utilizada en producción de energía eléctrica y calor                                                                    |    | 143.435   | 2     | 4   |  |  |  | 144.509   |       |        |       |       |       |                                                                                                                                            | Nivel 1     | Básico      |
| I.4.1.b | 1 | Emisiones provenientes de la energía utilizada en refinación de petróleo                                                                                              | NE |           |       |     |  |  |  |           |       |        |       |       |       | NE: No estimado. Existen refinерías que estaban operativas en 2022 dentro del territorio provincial pero no se contó con datos operativos. | NE          | Básico      |
| I.4.1.c | 1 | Emisiones provenientes de la energía utilizada en fabricación de combustibles sólidos                                                                                 |    |           | 2     | 0,2 |  |  |  | 101       | 5.981 |        |       |       |       |                                                                                                                                            | Nivel 1     | Básico      |
| I.4.2   | 2 | Emisiones provenientes de la energía suministrada en red consumida en las operaciones auxiliares de centrales eléctricas dentro de los límites de la jurisdicción     |    | 86.967    | 2     | 1   |  |  |  | 87.170    |       |        |       |       |       |                                                                                                                                            | Nivel 2     | Básico      |
| I.4.3   | 3 | Emisiones provenientes de las pérdidas de transmisión y distribución del consumo de energía suministrada en red en las operaciones auxiliares de centrales eléctricas |    | 16.391    | 0,4   | 0,1 |  |  |  | 16.429    |       |        |       |       |       |                                                                                                                                            | Nivel 2     | Básico +    |
| I.4.4   | 1 | Emisiones provenientes de la generación de energía suministrada a la red                                                                                              |    | 4.833.635 | 74    | 125 |  |  |  | 4.868.870 |       | 19.721 | 912   | 265   | 1.813 |                                                                                                                                            | Nivel 1 y 2 | Territorial |
| I.5     |   | Actividades agrícolas, de silvicultura y de pesca                                                                                                                     |    |           |       |     |  |  |  |           |       |        |       |       |       |                                                                                                                                            |             |             |
| I.5.1   | 1 | Emisiones provenientes de la quema de combustible dentro de los límites de la jurisdicción                                                                            |    | 1.280.159 | 172   | 10  |  |  |  | 1.287.690 |       | 13.524 | 4.466 | 1.400 |       |                                                                                                                                            | Nivel 1 y 2 | Básico      |
| I.5.2   | 2 | Emisiones provenientes de la energía suministrada en red consumida dentro de los límites de la jurisdicción                                                           |    | 55.350    | 1     | 0,4 |  |  |  | 55.480    |       |        |       |       |       |                                                                                                                                            | Nivel 2     | Básico      |
| I.5.3   | 3 | Emisiones provenientes de las pérdidas de transmisión y distribución del consumo de energía suministrada en red                                                       |    | 16.391    | 0,4   | 0,1 |  |  |  | 16.429    |       |        |       |       |       |                                                                                                                                            | Nivel 2     | Básico +    |
| I.6     |   | Fuentes no especificadas                                                                                                                                              |    |           |       |     |  |  |  |           |       |        |       |       |       |                                                                                                                                            |             |             |
| I.6.1   | 1 | Emisiones provenientes de la quema de combustible dentro de los límites de la jurisdicción                                                                            | NE |           |       |     |  |  |  |           |       |        |       |       |       | NO: No se identifican otras fuentes de emisiones dentro de la provincia no especificadas en otros subsectores                              | NE          | Básico      |
| I.6.2   | 2 | Emisiones provenientes de la energía suministrada en red consumida dentro de los límites de la jurisdicción                                                           |    | 427.899   | 10    | 3   |  |  |  | 428.900   |       |        |       |       |       |                                                                                                                                            | Nivel 2     | Básico      |
| I.6.3   | 3 | Emisiones provenientes de las pérdidas de transmisión y distribución del consumo de energía suministrada en red                                                       |    | 80.646    | 2     | 1   |  |  |  | 80.835    |       |        |       |       |       |                                                                                                                                            | Nivel 2     | Básico +    |
| I.7     |   | Emisiones fugitivas provenientes de la minería, el procesamiento, el almacenamiento y el transporte de carbón                                                         |    |           |       |     |  |  |  |           |       |        |       |       |       |                                                                                                                                            |             |             |
| I.7.1   | 1 | Emisiones provenientes de las emisiones fugitivas dentro de los límites de la jurisdicción                                                                            |    |           | 93    | 0,2 |  |  |  | 2.661     | 4     | 0,2    | 509   |       |       |                                                                                                                                            | Nivel 1     | Básico      |
| I.8     |   | Emisiones fugitivas provenientes de los sistemas de petróleo y gas natural                                                                                            |    |           |       |     |  |  |  |           |       |        |       |       |       |                                                                                                                                            |             |             |
| I.8.1   | 1 | Emisiones provenientes de las emisiones fugitivas dentro de los límites de la jurisdicción                                                                            |    | 293       | 5.742 |     |  |  |  | 161.069   |       |        |       |       |       |                                                                                                                                            | Nivel 1     | Básico      |

| II     |   | TRANSPORTE                                                                                                                                                                                                                    |    |           |       |     |  |  |  |           |         |       |         |         |                                                                                                                                                                                        |    |             |        |
|--------|---|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|-----------|-------|-----|--|--|--|-----------|---------|-------|---------|---------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|-------------|--------|
| II.1   |   | Transporte por carretera                                                                                                                                                                                                      |    |           |       |     |  |  |  |           |         |       |         |         |                                                                                                                                                                                        |    |             |        |
| II.1.1 | 1 | Emisiones provenientes de la quema de combustible en transporte por carretera que se producen dentro de los límites de la jurisdicción                                                                                        | -  | 4.294.599 | 1.562 | 222 |  |  |  | 4.397.286 | 135.459 | 4.247 | 135.255 | 134.407 |                                                                                                                                                                                        |    | Nivel 1 y 2 | Básico |
| II.1.2 | 2 | Emisiones provenientes de la energía suministrada en red consumida dentro de los límites de la jurisdicción para el transporte por carretera                                                                                  | IE |           |       |     |  |  |  |           |         |       |         |         | IE: los consumos de energía eléctrica para el transporte se incluyen dentro del sector Energía, Edificios e instalaciones comerciales e institucionales.                               | IE | Básico      |        |
| II.1.3 | 3 | Emisiones provenientes de la porción de los desplazamientos transfronterizos que se producen fuera de los límites de la jurisdicción, y las pérdidas de transmisión y distribución del consumo de energía suministrada en red | IE |           |       |     |  |  |  |           |         |       |         |         | IE: las pérdidas por los consumos de energía eléctrica para el transporte se incluyen dentro del sector Energía, Edificios e instalaciones comerciales e institucionales.              | IE | Básico +    |        |
| II.2   |   | Ferrovial                                                                                                                                                                                                                     |    |           |       |     |  |  |  |           |         |       |         |         |                                                                                                                                                                                        |    |             |        |
| II.2.1 | 1 | Emisiones provenientes de la quema de combustibles para el transporte ferroviario que se producen dentro de los límites de la jurisdicción                                                                                    | -  | 3.578     | 0,2   | 1   |  |  |  | 3.949     |         | 60    | 12      | 5       |                                                                                                                                                                                        |    | Nivel 1     | Básico |
| II.2.2 | 2 | Emisiones provenientes de la energía suministrada en red consumida para los ferrocarriles dentro de los límites de la jurisdicción                                                                                            | IE |           |       |     |  |  |  |           |         |       |         |         | IE: Incluido en: los consumos de energía eléctrica para el transporte se incluyen dentro del sector Energía, Edificios e instalaciones comerciales e institucionales.                  |    | Básico      |        |
| II.2.3 | 3 | Emisiones provenientes de la porción de los desplazamientos transfronterizos que se producen fuera de los límites de la jurisdicción, y las pérdidas de transmisión y distribución del consumo de energía suministrada en red | IE |           |       |     |  |  |  |           |         |       |         |         | IE: Incluido en: las pérdidas por los consumos de energía eléctrica para el transporte se incluyen dentro del sector Energía, Edificios e instalaciones comerciales e institucionales. |    | Básico +    |        |
| II.3   |   | Navegación marítima, fluvial y lacustre                                                                                                                                                                                       |    |           |       |     |  |  |  |           |         |       |         |         |                                                                                                                                                                                        |    |             |        |
| II.3.1 | 1 | Emisiones provenientes de la quema de combustibles para la navegación marítima, fluvial y lacustre que se producen dentro de los límites de la jurisdicción                                                                   |    | 145.136   | 13,7  | 4   |  |  |  | 146.559   | 26      | 3.235 | 172     | 78      | 899                                                                                                                                                                                    |    | Nivel 1     | Básico |
| II.3.2 | 2 | Emisiones provenientes de la energía suministrada en red consumida dentro de los límites de la jurisdicción para navegación marítima, fluvial y lacustre                                                                      | NE |           |       |     |  |  |  |           |         |       |         |         | NE: No esitado                                                                                                                                                                         | NE | Básico      |        |
| II.3.3 | 3 | Emisiones provenientes de la porción de los desplazamientos transfronterizos que se producen fuera de los límites de la                                                                                                       | NE |           |       |     |  |  |  |           |         |       |         |         | NE: No esitado                                                                                                                                                                         | NE | Básico +    |        |

|         |   |                                                                                                                                                                                                                               |    |        |        |   |  |  |  |           |  |    |        |     |    |                                                                                                                                                                                        |         |             |
|---------|---|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|--------|--------|---|--|--|--|-----------|--|----|--------|-----|----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|-------------|
|         |   | jurisdicción, y las pérdidas de transmisión y distribución del consumo de energía suministrada en red                                                                                                                         |    |        |        |   |  |  |  |           |  |    |        |     |    |                                                                                                                                                                                        |         |             |
| II.4    |   | Aviación                                                                                                                                                                                                                      |    |        |        |   |  |  |  |           |  |    |        |     |    |                                                                                                                                                                                        |         |             |
| II.4.1  | 1 | Emisiones provenientes de la quema de combustibles para la aviación que se producen dentro de los límites de la jurisdicción                                                                                                  |    | 36.698 | 0,3    | 1 |  |  |  | 36.977    |  | 49 | 14.721 | 233 | 12 |                                                                                                                                                                                        | Nivel 1 | Básico      |
| II.4.2  | 2 | Emisiones provenientes de la energía suministrada en red consumida para aviación dentro de los límites de la jurisdicción                                                                                                     | NE |        |        |   |  |  |  |           |  |    |        |     |    | NE: No estimado                                                                                                                                                                        | NE      | Básico      |
| II.4.3  | 3 | Emisiones provenientes de la porción de los desplazamientos transfronterizos que se producen fuera de los límites de la jurisdicción, y las pérdidas de transmisión y distribución del consumo de energía suministrada en red | NE |        |        |   |  |  |  |           |  |    |        |     |    | NE: No estimado                                                                                                                                                                        | NE      | Básico +    |
| II.5    |   | Transporte fuera de carretera                                                                                                                                                                                                 |    |        |        |   |  |  |  |           |  |    |        |     |    |                                                                                                                                                                                        |         |             |
| II.5.1  | 1 | Emisiones provenientes de la quema de combustible en transporte fuera de carretera que se producen dentro de los límites de la jurisdicción                                                                                   | IE |        |        |   |  |  |  |           |  |    |        |     |    | IE: Incluido en: los consumos de energía eléctrica para el transporte se incluyen dentro del sector Energía, Edificios e instalaciones comerciales e institucionales.                  | IE      | Básico      |
| II.5.2  | 2 | Emisiones provenientes de la energía suministrada en red consumida dentro de los límites de la jurisdicción para el transporte fuera de carretera                                                                             | IE |        |        |   |  |  |  |           |  |    |        |     |    | IE: Incluido en: las pérdidas por los consumos de energía eléctrica para el transporte se incluyen dentro del sector Energía, Edificios e instalaciones comerciales e institucionales. | IE      | Básico      |
| III     |   | RESIDUOS                                                                                                                                                                                                                      |    |        |        |   |  |  |  |           |  |    |        |     |    |                                                                                                                                                                                        |         |             |
| III.1   |   | Disposición de residuos sólidos                                                                                                                                                                                               |    |        |        |   |  |  |  |           |  |    |        |     |    |                                                                                                                                                                                        |         |             |
| III.1.1 | 1 | Emisiones provenientes de los residuos sólidos generados dentro de los límites de la jurisdicción y dispuestos en vertederos o basurales a cielo abierto dentro de los límites de la jurisdicción                             |    |        | 70.104 |   |  |  |  | 1.962.920 |  |    |        |     |    |                                                                                                                                                                                        | Nivel 1 | Básico      |
| III.1.2 | 3 | Emisiones provenientes de los residuos sólidos generados dentro de los límites de la jurisdicción, pero dispuestos en vertederos o basurales a cielo abierto fuera de los límites de la jurisdicción                          | NO |        |        |   |  |  |  |           |  |    |        |     |    | NO: No ocurre la disposición final de residuos sólidos genrados en la provincia en sitios localizados fuera de la misma                                                                | NO      | Básico      |
| III.1.3 | 1 | Emisiones provenientes de los residuos generados fuera de los límites de la jurisdicción y dispuestos en vertederos o basurales a cielo abierto dentro de los límites de la jurisdicción                                      | NO |        |        |   |  |  |  |           |  |    |        |     |    | NO: No ocurre la disposición final de residuos sólidos generados fuera de la provincia en sitios localizados dentro de la misma                                                        | NO      | Territorial |
| III.2   |   | Tratamiento biológico de residuos                                                                                                                                                                                             |    |        |        |   |  |  |  |           |  |    |        |     |    |                                                                                                                                                                                        |         |             |



|           |   |                                                                                                                                                                                 |    |       |        |     |  |  |       |         |  |  |  |  |                                                                                                                                                                                                                        |         |             |
|-----------|---|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|-------|--------|-----|--|--|-------|---------|--|--|--|--|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|-------------|
| III.2.1   | 1 | Emisiones provenientes de los residuos sólidos que se generan dentro de los límites de la jurisdicción que son tratados biológicamente dentro de los límites de la jurisdicción | NE |       |        |     |  |  |       |         |  |  |  |  | NE: No estimado por falta de datos centralizados                                                                                                                                                                       | NE      | Básico      |
| III.2.2   | 3 | Emisiones provenientes de los residuos sólidos generados dentro de los límites de la jurisdicción, pero tratados biológicamente fuera de los límites de la jurisdicción         | NO |       |        |     |  |  |       |         |  |  |  |  | NO: No ocurre la disposición final de residuos sólidos genrados en la provincia en sitios localizados fuera de la misma                                                                                                | NO      | Básico      |
| III.2.3   | 1 | Emisiones provenientes de los residuos generados fuera de los límites de la jurisdicción, pero tratados biológicamente dentro de los límites de la jurisdicción                 | NO |       |        |     |  |  |       |         |  |  |  |  | NO: No ocurre la disposición final de residuos sólidos generados fuera de la provincia en sitios localizados dentro de la misma                                                                                        | NO      | Territorial |
| III.3     |   | Incineración y quema a cielo abierto                                                                                                                                            |    |       |        |     |  |  |       |         |  |  |  |  |                                                                                                                                                                                                                        |         |             |
| III.3.1   | 1 | Emisiones provenientes de los residuos sólidos generados y tratados dentro de los límites de la jurisdicción                                                                    |    | 1.093 |        |     |  |  | 1.093 |         |  |  |  |  |                                                                                                                                                                                                                        | Nivel 1 | Básico      |
| III.3.2   | 3 | Emisiones provenientes de los residuos sólidos generados dentro de los límites de la jurisdicción, pero tratados fuera de los límites de la jurisdicción                        | NO |       |        |     |  |  |       |         |  |  |  |  |                                                                                                                                                                                                                        | NO      | Básico      |
| III.3.3   | 1 | Emisiones provenientes de los residuos generados fuera de los límites de la jurisdicción, pero tratados dentro de los límites de la jurisdicción                                | NO |       |        |     |  |  |       |         |  |  |  |  |                                                                                                                                                                                                                        | NO      | Territorial |
| III.4     |   | Tratamiento y vertido de aguas residuales                                                                                                                                       |    |       |        |     |  |  |       |         |  |  |  |  |                                                                                                                                                                                                                        |         |             |
| III.4.1   | 1 | Emisiones provenientes de las aguas residuales generadas y tratadas dentro de los límites de la jurisdicción                                                                    |    |       |        |     |  |  |       |         |  |  |  |  |                                                                                                                                                                                                                        |         |             |
| III.4.1.a | 1 | Emisiones provenientes de las aguas residuales domesticas generadas y tratadas dentro de los límites de la jurisdicción                                                         |    |       | 11.695 | 267 |  |  |       | 398.349 |  |  |  |  |                                                                                                                                                                                                                        | Nivel 1 | Básico      |
| III.4.1.b | 1 | Emisiones provenientes de las aguas residuales industriales generadas y tratadas dentro de los límites de la jurisdicción                                                       | IE |       |        |     |  |  |       |         |  |  |  |  | IE: Incluido en: Las emisiones por el tratamiento de efluentes industriales se incluye dentro de III.4.1.a por medio de un factor de corrección para la incorporación de desechos industriales en las redes domésticas | IE      | Básico      |
| III.4.2   | 3 | Emisiones provenientes de las aguas residuales generadas dentro de los límites de la jurisdicción, pero tratados fuera de los límites de la jurisdicción                        |    |       |        |     |  |  |       |         |  |  |  |  |                                                                                                                                                                                                                        |         |             |
| III.4.2.a | 3 | Emisiones provenientes de las aguas residuales domesticas generadas dentro de los límites de la jurisdicción, pero tratados fuera de los límites de la jurisdicción             | NO |       |        |     |  |  |       |         |  |  |  |  | NO: No ocurre. No se tratan fuera de la provincia efluentes generados dentro de la misma                                                                                                                               | NO      | Básico      |
| III.4.2.b | 3 | Emisiones provenientes de las aguas residuales industriales generadas dentro de los límites de la jurisdicción, pero tratados fuera de los límites de la jurisdicción           | NO |       |        |     |  |  |       |         |  |  |  |  | NO: No ocurre. No se tratan fuera de la provincia efluentes generados dentro de la misma                                                                                                                               | NO      | Básico      |

|           |   |                                                                                                                                                                       |    |         |         |  |  |  |           |  |  |  |       |  |                                                                                          |         |             |
|-----------|---|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|---------|---------|--|--|--|-----------|--|--|--|-------|--|------------------------------------------------------------------------------------------|---------|-------------|
| III.4.3   | 1 | Emisiones provenientes de las aguas residuales generadas fuera de los límites de la jurisdicción, pero tratadas dentro de los límites de la jurisdicción              |    |         |         |  |  |  |           |  |  |  |       |  |                                                                                          |         |             |
| III.4.3.a | 1 | Emisiones provenientes de las aguas residuales domesticas generadas fuera de los límites de la jurisdicción, pero tratadas dentro de los límites de la jurisdicción   | NO |         |         |  |  |  |           |  |  |  |       |  | NO: No ocurre. No se tratan dentro de la provincia efluentes generados fuera de la misma | NO      | Territorial |
| III.4.3.b | 1 | Emisiones provenientes de las aguas residuales industriales generadas fuera de los límites de la jurisdicción, pero tratadas dentro de los límites de la jurisdicción | NO |         |         |  |  |  |           |  |  |  |       |  | NO: No ocurre. No se tratan dentro de la provincia efluentes generados fuera de la misma | NO      | Territorial |
| IV        |   | <b>PROCESOS INDUSTRIALES y USOS DE PRODUCTOS (IPPU)</b>                                                                                                               |    |         |         |  |  |  |           |  |  |  |       |  |                                                                                          |         |             |
| IV.1      | 1 | <i>Emisiones provenientes de los procesos industriales que ocurren dentro de los límites de la jurisdicción</i>                                                       |    |         |         |  |  |  |           |  |  |  |       |  |                                                                                          |         |             |
| IV.1.1    | 1 | Emisiones de la industria minera                                                                                                                                      | NE |         |         |  |  |  |           |  |  |  |       |  | NE: No estimado por falta de datos respecto a la producción de vidrio                    | NE      | Básico +    |
| IV.1.2    | 1 | Emisiones de la industria química                                                                                                                                     |    | 54.177  | 274     |  |  |  | 61.846    |  |  |  | 2.101 |  |                                                                                          | Nivel 1 | Básico +    |
| IV.1.3    | 1 | Emisiones provenientes de la industria del metal                                                                                                                      |    | 882.143 |         |  |  |  | 882.143   |  |  |  |       |  |                                                                                          | Nivel 1 | Básico +    |
| IV.2      | 1 | <i>Emisiones provenientes del uso de productos dentro de los límites de la jurisdicción</i>                                                                           |    |         |         |  |  |  |           |  |  |  |       |  |                                                                                          |         |             |
| IV.2.1    | 1 | Productos no energéticos de combustibles y uso de solventes                                                                                                           |    | 10.583  |         |  |  |  | 10.583    |  |  |  |       |  | Se estiman únicamente las emisiones asociadas al uso de lubricantes                      | Nivel 1 | Básico +    |
| IV.2.2    | 1 | Emisiones provenientes de la industria electrónica                                                                                                                    | NE |         |         |  |  |  |           |  |  |  |       |  | NE: No estimado por falta de información                                                 | NE      | Básico +    |
| IV.2.3    | 1 | Emisiones provenientes de los sustitutos fluorados para las sustancias que agotan la capa de ozono                                                                    | NE |         |         |  |  |  |           |  |  |  |       |  | NE: No estimado por falta de información                                                 | NE      | Básico +    |
| V         |   | <b>AGRICULTURA, SILVICULTURA Y OTROS USOS DEL SUELO (AFOLU)</b>                                                                                                       |    |         |         |  |  |  |           |  |  |  |       |  |                                                                                          |         |             |
| V.1       | 1 | <i>Emisiones provenientes de la ganadería dentro de los límite de la jurisdicción</i>                                                                                 |    |         |         |  |  |  |           |  |  |  |       |  |                                                                                          |         |             |
| V.1.1     | 1 | Fermentación entérica                                                                                                                                                 |    |         | 309.969 |  |  |  | 8.679.130 |  |  |  |       |  |                                                                                          |         | Básico +    |
| V.1.1.ai  |   | Fermentación Entérica Bovinos Lecheros                                                                                                                                |    |         | 64.479  |  |  |  | 1.805.402 |  |  |  |       |  |                                                                                          | Nivel 2 | Básico +    |
| V.1.1.ii  |   | Fermentación Entérica Bovinos de Carne                                                                                                                                |    |         | 240.692 |  |  |  | 6.739.386 |  |  |  |       |  |                                                                                          | Nivel 2 | Básico +    |
| V.1.1.b   |   | Fermentación Entérica Bubalinos                                                                                                                                       | NO |         |         |  |  |  |           |  |  |  |       |  | NO: No ocurre                                                                            | NO      | Básico +    |
| V.1.1.c   |   | Fermentación Entérica Ovinos                                                                                                                                          |    |         | 756     |  |  |  | 21.163    |  |  |  |       |  |                                                                                          | Nivel 1 | Básico +    |
| V.1.1.d   |   | Fermentación Entérica Caprinos                                                                                                                                        |    |         | 381     |  |  |  | 10.666    |  |  |  |       |  |                                                                                          | Nivel 1 | Básico +    |
| V.1.1.e   |   | Fermentación Entérica Camélidos                                                                                                                                       |    |         | 3       |  |  |  | 95        |  |  |  |       |  |                                                                                          | Nivel 1 | Básico +    |
| V.1.1.f   |   | Fermentación Entérica Equinos                                                                                                                                         |    |         | 2.857   |  |  |  | 80.008    |  |  |  |       |  |                                                                                          | Nivel 1 | Básico +    |
| V.1.1.g   |   | Fermentación Entérica Mulares y Asnales                                                                                                                               |    |         | 7       |  |  |  | 193       |  |  |  |       |  |                                                                                          | Nivel 1 | Básico +    |
| V.1.1.h   |   | Fermentación Entérica Porcinos                                                                                                                                        |    |         | 793     |  |  |  | 22.216    |  |  |  |       |  |                                                                                          | Nivel 1 | Básico +    |

|             |   |                                                                                   |        |           |        |     |  |  |  |           |  |  |  |  |                                                                                                             |         |          |
|-------------|---|-----------------------------------------------------------------------------------|--------|-----------|--------|-----|--|--|--|-----------|--|--|--|--|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|----------|
| V.1.2       | 1 | Gestión del estiércol                                                             |        |           | 12.359 | 238 |  |  |  | 409.019   |  |  |  |  |                                                                                                             |         | Básico + |
| V.1.2.ai    |   | Directas Gestión de Estiércol Bovinos Lecheros                                    |        |           | 6.522  |     |  |  |  | 182.626   |  |  |  |  |                                                                                                             | Nivel 2 | Básico + |
| V.1.2.ii    |   | Directas Gestión de Estiércol Bovinos de Carne                                    |        |           | 4.901  | 75  |  |  |  | 157.147   |  |  |  |  |                                                                                                             | Nivel 2 | Básico + |
| V.1.2.b     |   | Directas Gestión de Estiércol Bubalinos                                           | NO     |           |        |     |  |  |  |           |  |  |  |  | NO: No ocurre                                                                                               | NO      | Básico + |
| V.1.2.c     |   | Directas Gestión de Estiércol Ovinos                                              |        |           | 8      |     |  |  |  | 238       |  |  |  |  |                                                                                                             | Nivel 1 | Básico + |
| V.1.2.d     |   | Directas Gestión de Estiércol Caprinos                                            |        |           | 4      |     |  |  |  | 116       |  |  |  |  |                                                                                                             | Nivel 1 | Básico + |
| V.1.2.e     |   | Directas Gestión de Estiércol Camélidos                                           |        |           | 0      |     |  |  |  | 2         |  |  |  |  |                                                                                                             | Nivel 1 | Básico + |
| V.1.2.f     |   | Directas Gestión de Estiércol Equinos                                             |        |           | 59     |     |  |  |  | 1.663     |  |  |  |  |                                                                                                             | Nivel 1 | Básico + |
| V.1.2.g     |   | Directas Gestión de Estiércol Mulares y Asnales                                   |        |           | 0      |     |  |  |  | 4         |  |  |  |  |                                                                                                             | Nivel 1 | Básico + |
| V.1.2.h     |   | Directas Gestión de Estiércol Porcinos                                            |        |           | 790    | 159 |  |  |  | 64.177    |  |  |  |  |                                                                                                             | Nivel 1 | Básico + |
| V.1.2.i     |   | Directas Gestión de Estiércol Aves                                                |        |           | 73     | 4   |  |  |  | 3.046     |  |  |  |  |                                                                                                             | Nivel 1 | Básico + |
| V.2         | 1 | Emisiones provenientes del uso del suelo dentro de los límites de la jurisdicción |        |           |        |     |  |  |  |           |  |  |  |  |                                                                                                             |         |          |
| V.2.1       | 1 | Tierras forestales                                                                |        | 473.698   |        |     |  |  |  | 473.698   |  |  |  |  |                                                                                                             |         | Básico + |
| V.2.1.ai.1  |   | Tierras forestales que permanecen como tales (Emisión Bosque Nativo)              |        | 603.893   |        |     |  |  |  | 603.893   |  |  |  |  | Las emisiones de CH4 y N2O se estiman en la categoría V.3.1a "Quema de biomasa en tierras forestales"       | Nivel 2 | Básico + |
| V.2.1.ai.2  |   | Tierras forestales que permanecen como tales (Captura Bosque Nativo)              |        | - 24.364  |        |     |  |  |  | - 24.364  |  |  |  |  | Las emisiones de CH4 y N2O se estiman en la categoría V.3.1a "Quema de biomasa en tierras forestales"       | Nivel 2 | Básico + |
| V.2.1.ii.1  |   | Tierras forestales que permanecen como tales (Emisión Bosque Cultivado)           |        | 145.510   |        |     |  |  |  | 145.510   |  |  |  |  | Las emisiones de CH4 y N2O se estiman en la categoría V.3.1a "Quema de biomasa en tierras forestales"       | Nivel 2 | Básico + |
| V.2.1.iii.2 |   | Tierras forestales que permanecen como tales (Captura Bosque Cultivado)           |        | - 251.341 |        |     |  |  |  | - 251.341 |  |  |  |  | Las emisiones de CH4 y N2O se estiman en la categoría V.3.1a "Quema de biomasa en tierras forestales"       | Nivel 2 | Básico + |
| V.2.2       | 1 | Tierras de cultivo                                                                |        | 174.083   |        |     |  |  |  | 174.083   |  |  |  |  |                                                                                                             | NE      | Básico + |
| V.2.2.a     |   | Tierras de cultivo que permanecen como tales                                      | NO, IE |           |        |     |  |  |  |           |  |  |  |  | IE: Las emisiones de CH4 y N2O se estiman en la categoría V.3.1b "Quema de biomasa en residuos de cosecha". | Nivel 1 | Básico + |
| V.2.2.bi    |   | Tierras forestales convertidas en Tierras de cultivo                              |        | 681.184   |        |     |  |  |  | 681.184   |  |  |  |  |                                                                                                             | Nivel 2 | Básico + |
| V.2.2.bii   |   | Pastizales convertidos en Tierras de Cultivo                                      |        | -507.101  |        |     |  |  |  | -507.101  |  |  |  |  |                                                                                                             | Nivel 1 | Básico + |
| V.2.3       | 1 | Pastizales                                                                        |        |           |        |     |  |  |  | 607.815   |  |  |  |  |                                                                                                             |         | Básico + |

|            |   |                                                                                                                                                                |        |         |       |       |  |  |           |        |  |  |  |  |  |                                                                                                     |         |          |
|------------|---|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|---------|-------|-------|--|--|-----------|--------|--|--|--|--|--|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|----------|
| V.2.3.a    |   | Pastizales que permanecen como tales                                                                                                                           | NO, IE |         |       |       |  |  |           |        |  |  |  |  |  | IE: Las emisiones de CH4 y N2O se estiman en la categoría V.3.1ci "Quema de biomasa en pastizales". | Nivel 1 | Básico + |
| V.2.3.bi   |   | Tierras forestales convertidas en pastizales                                                                                                                   |        | 30.335  |       |       |  |  | 30.335    |        |  |  |  |  |  |                                                                                                     | Nivel 2 | Básico + |
| V.2.3.bii  |   | Tierras de cultivo convertidas en pastizales                                                                                                                   |        | 577.479 |       |       |  |  | 577.479   |        |  |  |  |  |  |                                                                                                     | Nivel 1 | Básico + |
| V.2.4      | 1 | Humedales                                                                                                                                                      | NE     |         |       |       |  |  |           |        |  |  |  |  |  | NE: No estimado por falta de datos coherentes de superficies de permanencia y transición.           | NE      | Básico + |
| V.2.5      | 1 | Asentamientos                                                                                                                                                  | NE     |         |       |       |  |  |           |        |  |  |  |  |  | NE: No estimado por falta de datos coherentes de superficies de permanencia y transición.           | NE      | Básico + |
| V.2.6      | 1 | Otros                                                                                                                                                          | NE     |         |       |       |  |  |           |        |  |  |  |  |  | NE: No estimado.                                                                                    | NE      | Básico + |
| V.2.7      | 1 | Variación de materia orgánica del suelo (Carbono)                                                                                                              |        | 378.530 |       |       |  |  | 378.530   |        |  |  |  |  |  |                                                                                                     | Nivel 1 | Básico + |
| V.3        | 1 | Emisiones provenientes de fuentes agregadas y emisiones procedentes de fuentes del suelo distintas al CO <sub>2</sub> dentro de los límites de la jurisdicción |        |         |       |       |  |  |           |        |  |  |  |  |  |                                                                                                     |         |          |
| V.3.1      | 1 | Emisiones de GEI provenientes de la quema de biomasa                                                                                                           |        |         | 1.309 | 48    |  |  | 49.429    | 11.968 |  |  |  |  |  |                                                                                                     |         | Básico + |
| V.3.1.ai   |   | Quema de biomasa en tierras forestales (Bosque Nativo)                                                                                                         | NE     |         | 66    | 2     |  |  | 2.376     | 2.376  |  |  |  |  |  | NE: Las emisiones de CO2 se estiman pero no se reportan                                             | Nivel 1 | Básico + |
| V.3.1.a.ii |   | Quema de biomasa en tierras forestales (Bosque Cultivado)                                                                                                      | NE     |         | 39    | 1     |  |  | 1.380     | 1.380  |  |  |  |  |  | NE: Las emisiones de CO2 se estiman pero no se reportan                                             | Nivel 1 | Básico + |
| V.3.1.bi   |   | Quema de biomasa de residuos de cosecha                                                                                                                        | NO     |         |       |       |  |  |           |        |  |  |  |  |  | NO: No ocurre                                                                                       | Nivel 1 | Básico + |
| V.3.1.b.ii |   | Quema de biomasa por conversión de tierras forestales en tierras de cultivos                                                                                   |        |         | 1.004 | 30    |  |  | 35.945    |        |  |  |  |  |  | Las emisiones de CO2 se incluyen dentro de Tierras forestales convertidas en tierras de cultivo     | Nivel 2 | Básico + |
| V.3.1.ci   |   | Quema de biomasa de pastizales                                                                                                                                 | NE     |         | 157   | 14    |  |  | 8.212     | 8.212  |  |  |  |  |  | NE: Las emisiones de CO2 se estiman pero no se reportan                                             | Nivel 1 | Básico + |
| V.3.1.c.ii |   | Quema de biomasa por conversión de tierras forestales en pastizales                                                                                            |        |         | 42    | 1     |  |  | 1.516     |        |  |  |  |  |  | Las emisiones de CO2 se incluyen dentro de Tierras forestales convertidas en pastizales             | Nivel 2 | Básico + |
| V.3.2      | 1 | Aplicación de cal                                                                                                                                              | NE     |         |       |       |  |  |           |        |  |  |  |  |  | NE: No estimado                                                                                     | NE      | Básico + |
| V.3.3      | 1 | Aplicación de urea                                                                                                                                             |        | 158.131 |       |       |  |  | 158.131   |        |  |  |  |  |  |                                                                                                     |         | Básico + |
| V.3.3.     |   | Aplicación de urea                                                                                                                                             |        | 158.131 |       |       |  |  | 158.131   |        |  |  |  |  |  |                                                                                                     | Nivel 1 | Básico + |
| V.3.4      | 1 | N <sub>2</sub> O directo proveniente de suelos gestionados                                                                                                     |        |         |       | 9.840 |  |  | 2.607.712 |        |  |  |  |  |  |                                                                                                     |         | Básico + |

|                 |   |                                                                         |    |  |  |       |  |  |           |  |  |  |  |               |         |          |
|-----------------|---|-------------------------------------------------------------------------|----|--|--|-------|--|--|-----------|--|--|--|--|---------------|---------|----------|
| V.3.4.a         |   | Directas Fertilizantes sintéticos                                       |    |  |  | 1.998 |  |  | 529.412   |  |  |  |  |               | Nivel 1 | Básico + |
| V.3.4.b         |   | Directas Excretas En pasturas Bovinos Lecheros                          |    |  |  | 1.724 |  |  | 456.830   |  |  |  |  |               | Nivel 2 | Básico + |
| V.3.4.c         |   | Directas Excretas En pasturas Bovinos de Carne                          |    |  |  | 4.466 |  |  | 1.183.455 |  |  |  |  |               | Nivel 2 | Básico + |
| V.3.4.di        |   | Directas Excretas En pasturas Bubalinos                                 | NO |  |  |       |  |  |           |  |  |  |  | NO: No ocurre | Nivel 1 | Básico + |
| V.3.4.dii       |   | Directas Excretas En pasturas Ovinos                                    |    |  |  | 3     |  |  | 684       |  |  |  |  |               | Nivel 1 | Básico + |
| V.3.4.diii      |   | Directas Excretas En pasturas Caprinos                                  |    |  |  | 1     |  |  | 283       |  |  |  |  |               | Nivel 1 | Básico + |
| V.3.4.div       |   | Directas Excretas En pasturas Camélidos                                 |    |  |  | 0,02  |  |  | 6         |  |  |  |  |               | Nivel 1 | Básico + |
| V.3.4.dv        |   | Directas Excretas En pasturas Equinos                                   |    |  |  | 30    |  |  | 7.925     |  |  |  |  |               | Nivel 1 | Básico + |
| V.3.4.dvi       |   | Directas Excretas En pasturas Mulares y Asnales                         |    |  |  | 0,1   |  |  | 19        |  |  |  |  |               | Nivel 1 | Básico + |
| V.3.4.dvi<br>i  |   | Directas Excretas En pasturas Porcinos                                  |    |  |  | 146   |  |  | 38.674    |  |  |  |  |               | Nivel 1 | Básico + |
| V.3.4.dvi<br>ii |   | Directas Excretas En pasturas Aves                                      | NO |  |  |       |  |  |           |  |  |  |  | NO: No ocurre | Nivel 1 | Básico + |
| V.3.4.e         |   | Directas Residuos de Cosecha                                            |    |  |  | 1.146 |  |  | 303.653   |  |  |  |  |               | Nivel 1 | Básico + |
| V.3.4.f         |   | Directas Mineralización de N2 por pérdida de materia orgánica de suelos |    |  |  | 451   |  |  | 119.439   |  |  |  |  |               | Nivel 1 | Básico + |
| V.3.4.gii       |   | Directas Aplicación Abono orgánico a campo Bovinos Lecheros             |    |  |  | 15    |  |  | 4.079     |  |  |  |  |               | Nivel 2 | Básico + |
| V.3.4.gii       |   | Directas Aplicación Abono orgánico a campo Bovinos de Carne             |    |  |  | 196   |  |  | 51.856    |  |  |  |  |               | Nivel 2 | Básico + |
| V.3.4.h         |   | Directas Aplicación Abono orgánico a campo Bubalinos                    | NO |  |  |       |  |  |           |  |  |  |  | NO: No ocurre | NO      | Básico + |
| V.3.4.i         |   | Directas Aplicación Abono orgánico a campo Ovinos                       | NO |  |  |       |  |  |           |  |  |  |  | NO: No ocurre | NO      | Básico + |
| V.3.4.j         |   | Directas Aplicación Abono orgánico a campo Caprinos                     | NO |  |  |       |  |  |           |  |  |  |  | NO: No ocurre | NO      | Básico + |
| V.3.4.k         |   | Directas Aplicación Abono orgánico a campo Camélidos                    | NO |  |  |       |  |  |           |  |  |  |  | NO: No ocurre | NO      | Básico + |
| V.3.4.l         |   | Directas Aplicación Abono orgánico a campo Equinos                      | NO |  |  |       |  |  |           |  |  |  |  | NO: No ocurre | NO      | Básico + |
| V.3.4.m         |   | Directas Aplicación Abono orgánico a campo Mulares y Asnales            | NO |  |  |       |  |  |           |  |  |  |  | NO: No ocurre | NO      | Básico + |
| V.3.4.n         |   | Directas Aplicación Abono orgánico a campo Porcinos                     |    |  |  | 94    |  |  | 24.897    |  |  |  |  |               | Nivel 1 | Básico + |
| V.3.4.o         |   | Directas Aplicación Abono orgánico a campo Aves                         |    |  |  | 22    |  |  | 5.939     |  |  |  |  |               | Nivel 1 | Básico + |
| V.3.5           | 1 | N <sub>2</sub> O indirecto de suelos gestionados                        |    |  |  | 2.340 |  |  | 620.108   |  |  |  |  |               |         | Básico + |
| V.3.5.ai        |   | Indirectas Fertilizantes Sinteticos (Volatilizacion)                    |    |  |  | 200   |  |  | 119.118   |  |  |  |  |               | Nivel 1 | Básico + |
| V.3.5.a ii      |   | Indirectas Fertilizantes Sinteticos (Lixiviacion)                       |    |  |  | 450   |  |  | 52.941    |  |  |  |  |               | Nivel 1 | Básico + |
| V.3.5.bi        |   | Indirectas Excretas En pasturas (Volatilización) Bovinos Lecheros       |    |  |  | 172   |  |  | 45.683    |  |  |  |  |               | Nivel 2 | Básico + |

|               |                                                                                         |    |  |     |  |  |         |  |  |  |  |  |               |  |         |          |
|---------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|----|--|-----|--|--|---------|--|--|--|--|--|---------------|--|---------|----------|
| V.3.5.bii     | Indirectas Excretas En pasturas (Lixiviación) Bovinos Lecheros                          |    |  | 194 |  |  | 51.393  |  |  |  |  |  |               |  | Nivel 2 | Básico + |
| V.3.5.ci      | Indirectas Excretas En pasturas (Volatilización) Bovinos de Carne                       |    |  | 447 |  |  | 118.346 |  |  |  |  |  |               |  | Nivel 2 | Básico + |
| V.3.5.cii     | Indirectas Excretas En pasturas (Lixiviación) Bovinos de Carne                          |    |  | 502 |  |  | 133.139 |  |  |  |  |  |               |  | Nivel 2 | Básico + |
| V.3.5.di1     | Indirectas Excretas En pasturas (Volatilización) Bubalinos                              | NO |  |     |  |  |         |  |  |  |  |  | NO: No ocurre |  | NO      | Básico + |
| V.3.5.di2     | Indirectas Excretas En pasturas (Lixiviación) Bubalinos                                 | NO |  |     |  |  |         |  |  |  |  |  | NO: No ocurre |  | NO      | Básico + |
| V.3.5.dii1    | Indirectas Excretas En pasturas (Volatilización) Ovinos                                 |    |  | 2   |  |  | 479     |  |  |  |  |  |               |  | Nivel 1 | Básico + |
| V.3.5.dii2    | Indirectas Excretas En pasturas (Lixiviación) Ovinos                                    |    |  | 2   |  |  | 602     |  |  |  |  |  |               |  | Nivel 1 | Básico + |
| V.3.5.diii1   | Indirectas Excretas En pasturas (Volatilización) Caprinos                               |    |  | 1   |  |  | 198     |  |  |  |  |  |               |  | Nivel 1 | Básico + |
| V.3.5.diii2   | Indirectas Excretas En pasturas (Lixiviación) Caprinos                                  |    |  | 1   |  |  | 249     |  |  |  |  |  |               |  | Nivel 1 | Básico + |
| V.3.5.div1    | Indirectas Excretas En pasturas (Volatilización) Camélidos                              |    |  | 0   |  |  | 4       |  |  |  |  |  |               |  | Nivel 1 | Básico + |
| V.3.5.div2    | Indirectas Excretas En pasturas (Lixiviación) Camélidos                                 |    |  | 0   |  |  | 5       |  |  |  |  |  |               |  | Nivel 1 | Básico + |
| V.3.5.dv1     | Indirectas Excretas En pasturas (Volatilización) Equinos                                |    |  | 21  |  |  | 5.547   |  |  |  |  |  |               |  | Nivel 1 | Básico + |
| V.3.5.dv2     | Indirectas Excretas En pasturas (Lixiviación) Equinos                                   |    |  | 26  |  |  | 6.974   |  |  |  |  |  |               |  | Nivel 1 | Básico + |
| V.3.5.dvi1    | Indirectas Excretas En pasturas (Volatilización) Mulares y Asnales                      |    |  | 0   |  |  | 13      |  |  |  |  |  |               |  | Nivel 1 | Básico + |
| V.3.5.dvi2    | Indirectas Excretas En pasturas (Lixiviación) Mulares y Asnales                         |    |  | 0   |  |  | 17      |  |  |  |  |  |               |  | Nivel 1 | Básico + |
| V.3.5.dvi i1  | Indirectas Excretas En pasturas (Volatilización) Porcinos                               |    |  | 15  |  |  | 3.867   |  |  |  |  |  |               |  | Nivel 1 | Básico + |
| V.3.5.dvi i2  | Indirectas Excretas En pasturas (Lixiviación) Porcinos                                  |    |  | 16  |  |  | 4.351   |  |  |  |  |  |               |  | Nivel 1 | Básico + |
| V.3.5.dvi ii1 | Indirectas Excretas En pasturas (Volatilización) Aves                                   | NO |  |     |  |  |         |  |  |  |  |  | NO: No ocurre |  | NO      | Básico + |
| V.3.5.dvi ii2 | Indirectas Excretas En pasturas (Lixiviación) Aves                                      | NO |  |     |  |  |         |  |  |  |  |  | NO: No ocurre |  | NO      | Básico + |
| V.3.5.e       | Indirectas Residuos de Cosecha (Lixiviación)                                            |    |  | 151 |  |  | 40.014  |  |  |  |  |  |               |  | Nivel 1 | Básico + |
| V.3.5.fii     | Indirectas Mineralización de N2 por pérdida de materia orgánica de suelos (Lixiviación) |    |  | 35  |  |  | 9.199   |  |  |  |  |  |               |  | Nivel 1 | Básico + |
| V.3.5.gi1     | Indirectas Aplicación Abono orgánico a campo (Volatilización) Bovinos Lecheros          |    |  | 3   |  |  | 816     |  |  |  |  |  |               |  | Nivel 2 | Básico + |
| V.3.5.gi2     | Indirectas Aplicación Abono orgánico a campo (Lixiviación) Bovinos Lecheros             |    |  | 3   |  |  | 918     |  |  |  |  |  |               |  | Nivel 2 | Básico + |

|                |   |                                                                                 |    |  |  |     |  |  |        |  |  |  |  |  |               |         |          |
|----------------|---|---------------------------------------------------------------------------------|----|--|--|-----|--|--|--------|--|--|--|--|--|---------------|---------|----------|
| V.3.5.gii<br>1 |   | Indirectas Aplicación Abono orgánico a campo (Volatilización) Bovinos de Carne  |    |  |  | 39  |  |  | 10.371 |  |  |  |  |  |               | Nivel 2 | Básico + |
| V.3.5.gii<br>2 |   | Indirectas Aplicación Abono orgánico a campo (Lixiviación) Bovinos de Carne     |    |  |  | 44  |  |  | 11.668 |  |  |  |  |  |               | Nivel 2 | Básico + |
| V.3.5.hi       |   | Indirectas Aplicación Abono orgánico a campo (Volatilización) Bubalinos         | NO |  |  |     |  |  |        |  |  |  |  |  | NO: No ocurre | NO      | Básico + |
| V.3.5.hii      |   | Indirectas Aplicación Abono orgánico a campo (Lixiviación) Bubalinos            | NO |  |  |     |  |  |        |  |  |  |  |  | NO: No ocurre | NO      | Básico + |
| V.3.5.ii       |   | Indirectas Aplicación Abono orgánico a campo (Volatilización) Ovinos            | NO |  |  |     |  |  |        |  |  |  |  |  | NO: No ocurre | NO      | Básico + |
| V.3.5.iii      |   | Indirectas Aplicación Abono orgánico a campo (Lixiviación) Ovinos               | NO |  |  |     |  |  |        |  |  |  |  |  | NO: No ocurre | NO      | Básico + |
| V.3.5.ji       |   | Indirectas Aplicación Abono orgánico a campo (Volatilización) Caprinos          | NO |  |  |     |  |  |        |  |  |  |  |  | NO: No ocurre | NO      | Básico + |
| V.3.5.jii      |   | Indirectas Aplicación Abono orgánico a campo (Lixiviación) Caprinos             | NO |  |  |     |  |  |        |  |  |  |  |  | NO: No ocurre | NO      | Básico + |
| V.3.5.ki       |   | Indirectas Aplicación Abono orgánico a campo (Volatilización) Camélidos         | NO |  |  |     |  |  |        |  |  |  |  |  | NO: No ocurre | NO      | Básico + |
| V.3.5.kii      |   | Indirectas Aplicación Abono orgánico a campo (Lixiviación) Camélidos            | NO |  |  |     |  |  |        |  |  |  |  |  | NO: No ocurre | NO      | Básico + |
| V.3.5.li       |   | Indirectas Aplicación Abono orgánico a campo (Volatilización) Equinos           | NO |  |  |     |  |  |        |  |  |  |  |  | NO: No ocurre | NO      | Básico + |
| V.3.5.lii      |   | Indirectas Aplicación Abono orgánico a campo (Lixiviación) Equinos              | NO |  |  |     |  |  |        |  |  |  |  |  | NO: No ocurre | NO      | Básico + |
| V.3.5.mi       |   | Indirectas Aplicación Abono orgánico a campo (Volatilización) Mulares y Asnales | NO |  |  |     |  |  |        |  |  |  |  |  | NO: No ocurre | NO      | Básico + |
| V.3.5.mii      |   | Indirectas Aplicación Abono orgánico a campo (Lixiviación) Mulares y Asnales    | NO |  |  |     |  |  |        |  |  |  |  |  | NO: No ocurre | NO      | Básico + |
| V.3.5.ni       |   | Indirectas Aplicación Abono orgánico a campo (Volatilización) Porcinos          |    |  |  | 19  |  |  | 4.979  |  |  |  |  |  |               | Nivel 1 | Básico + |
| V.3.5.nii      |   | Indirectas Aplicación Abono orgánico a campo (Lixiviación) Porcinos             |    |  |  | 21  |  |  | 5.602  |  |  |  |  |  |               | Nivel 1 | Básico + |
| V.3.5.oi       |   | Indirectas Aplicación Abono orgánico a campo (Volatilización) Aves              |    |  |  | 5   |  |  | 1.247  |  |  |  |  |  |               | Nivel 1 | Básico + |
| V.3.5.oii      |   | Indirectas Aplicación Abono orgánico a campo (Lixiviación) Aves                 |    |  |  | 6   |  |  | 1.568  |  |  |  |  |  |               | Nivel 1 | Básico + |
| V.3.6          | 1 | N <sub>2</sub> O indirecto de la gestión del estiércol                          |    |  |  | 103 |  |  | 27.193 |  |  |  |  |  |               |         | Básico + |
| V.3.6.ai1      |   | Indirectas Gestión de Estiércol (Volatilización) Bovinos Lecheros               |    |  |  | 23  |  |  | 6.208  |  |  |  |  |  |               | Nivel 2 | Básico + |
| V.3.6.ai2      |   | Indirectas Gestión de Estiércol (Lixiviación) Bovinos Lecheros                  | NO |  |  |     |  |  |        |  |  |  |  |  | NO: No ocurre | NO      | Básico + |
| V.3.6.aai<br>1 |   | Indirectas Gestión de Estiércol (Volatilización) Bovinos de Carne               |    |  |  | 27  |  |  | 7.104  |  |  |  |  |  |               | Nivel 2 | Básico + |
| V.3.6.aai<br>2 |   | Indirectas Gestión de Estiércol (Lixiviación) Bovinos de Carne                  |    |  |  | 19  |  |  | 5.158  |  |  |  |  |  |               | Nivel 2 | Básico + |

|           |   |                                                                    |    |  |       |    |  |  |        |  |  |  |  |  |                 |         |          |
|-----------|---|--------------------------------------------------------------------|----|--|-------|----|--|--|--------|--|--|--|--|--|-----------------|---------|----------|
| V.3.6.bi  |   | Indirectas Gestión de Estiércol (Volatilización) Bubalinos         | NO |  |       |    |  |  |        |  |  |  |  |  | NO: No ocurre   | NO      | Básico + |
| V.3.6.bii |   | Indirectas Gestión de Estiércol (Lixiviación) Bubalinos            | NO |  |       |    |  |  |        |  |  |  |  |  | NO: No ocurre   | NO      | Básico + |
| V.3.6.ci  |   | Indirectas Gestión de Estiércol (Volatilización) Ovinos            | NO |  |       |    |  |  |        |  |  |  |  |  | NO: No ocurre   | NO      | Básico + |
| V.3.6.cii |   | Indirectas Gestión de Estiércol (Lixiviación) Ovinos               | NO |  |       |    |  |  |        |  |  |  |  |  | NO: No ocurre   | NO      | Básico + |
| V.3.6.di  |   | Indirectas Gestión de Estiércol (Volatilización) Caprinos          | NO |  |       |    |  |  |        |  |  |  |  |  | NO: No ocurre   | NO      | Básico + |
| V.3.6.dii |   | Indirectas Gestión de Estiércol (Lixiviación) Caprinos             | NO |  |       |    |  |  |        |  |  |  |  |  | NO: No ocurre   | NO      | Básico + |
| V.3.6.ei  |   | Indirectas Gestión de Estiércol (Volatilización) Camélidos         | NO |  |       |    |  |  |        |  |  |  |  |  | NO: No ocurre   | NO      | Básico + |
| V.3.6.eii |   | Indirectas Gestión de Estiércol (Lixiviación) Camélidos            | NO |  |       |    |  |  |        |  |  |  |  |  | NO: No ocurre   | NO      | Básico + |
| V.3.6.fi  |   | Indirectas Gestión de Estiércol (Volatilización) Equinos           | NO |  |       |    |  |  |        |  |  |  |  |  | NO: No ocurre   | NO      | Básico + |
| V.3.6.fii |   | Indirectas Gestión de Estiércol (Lixiviación) Equinos              | NO |  |       |    |  |  |        |  |  |  |  |  | NO: No ocurre   | NO      | Básico + |
| V.3.6.gi  |   | Indirectas Gestión de Estiércol (Volatilización) Mulares y Asnales | NO |  |       |    |  |  |        |  |  |  |  |  | NO: No ocurre   | NO      | Básico + |
| V.3.6.gii |   | Indirectas Gestión de Estiércol (Lixiviación) Mulares y Asnales    | NO |  |       |    |  |  |        |  |  |  |  |  | NO: No ocurre   | NO      | Básico + |
| V.3.6.hi  |   | Indirectas Gestión de Estiércol (Volatilización) Porcinos          |    |  |       | 10 |  |  | 2.562  |  |  |  |  |  |                 | Nivel 1 | Básico + |
| V.3.6.hii |   | Indirectas Gestión de Estiércol (Lixiviación) Porcinos             |    |  |       | 8  |  |  | 2.175  |  |  |  |  |  |                 | Nivel 1 | Básico + |
| V.3.6.ii  |   | Indirectas Gestión de Estiércol (Volatilización) Aves              |    |  |       | 15 |  |  | 3.986  |  |  |  |  |  |                 | Nivel 1 | Básico + |
| V.3.6.iii |   | Indirectas Gestión de Estiércol (Lixiviación) Aves                 | NO |  |       | -  |  |  | -      |  |  |  |  |  | NO: No ocurre   | NO      | Básico + |
| V.3.7     | 1 | Cultivos de arroz                                                  |    |  | 2.739 |    |  |  | 76.684 |  |  |  |  |  |                 |         | Básico + |
| V.3.7.    |   | Cultivos de arroz                                                  |    |  | 2.739 |    |  |  | 76.684 |  |  |  |  |  |                 | Nivel 1 | Básico + |
| V.3.8     | 1 | Productos de madera recolectada (HWP)                              |    |  |       |    |  |  |        |  |  |  |  |  | NE: No estimado | NE      | Básico + |
| VI        |   | OTRAS EMISIONES DE ALCANCE 3                                       |    |  |       |    |  |  |        |  |  |  |  |  |                 |         |          |
| VI.1      | 3 | Otras emisiones de alcance 3                                       | NE |  |       |    |  |  |        |  |  |  |  |  | NE: No estimado | NE      | Básico + |

Fuente: Elaboración propia.



# ÍNDICE DE TABLAS

|                                                                                                                                                                |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tabla 1. Límites del Inventario.                                                                                                                               | 11  |
| Tabla 2: Definición de alcances (en base a la clasificación del GPC).                                                                                          | 13  |
| Tabla 3: Fuentes y Alcances cubiertos por el inventario, especificación de sectores y subsectores.                                                             | 16  |
| Tabla 4: Definición de las claves de notación.                                                                                                                 | 18  |
| Tabla 5: Potenciales de calentamiento global (PCG) para cada GEI.                                                                                              | 23  |
| Tabla 6: Análisis de las categorías principales.                                                                                                               | 26  |
| Tabla 7: Emisiones estimadas (tCO <sub>2</sub> e) del inventario provincial, clasificadas por sectores y nivel de reporte para el año 2022.                    | 30  |
| Tabla 8: Resultados de Energía Estacionaria para Alcances 1,2 y 3, segregadas por nivel de reporte: BÁSICO, BÁSICO+ y TERRITORIAL.                             | 32  |
| Tabla 9: Emisiones de GEI de la Energía Estacionaria nivel BÁSICO + expresadas por tipo de energético para cada subsector.                                     | 34  |
| Tabla 10: Emisiones de GEI de la Energía Estacionaria nivel BÁSICO+ expresadas por tipo de combustible para cada subsector, en unidades de tCO <sub>2</sub> e. | 35  |
| Tabla 11: Resultados de Transporte para Alcances 1,2 y 3, segregadas por nivel de reporte: BÁSICO, BÁSICO+ y TERRITORIAL.                                      | 39  |
| Tabla 12: Emisiones de GEI del Transporte expresadas por tipo de energético para cada subsector                                                                | 41  |
| Tabla 13: Emisiones de GEI del Transporte expresadas por tipo de combustible para cada subsector, para el Nivel Básico+.                                       | 42  |
| Tabla 14: Resultados de Residuos para Alcances 1 y 3, segregadas por nivel de reporte: BÁSICO, BÁSICO+ y TERRITORIAL.                                          | 44  |
| Tabla 15: Resultados de IPPU para Alcance 1, segregadas por nivel de reporte: BÁSICO y TERRITORIAL.                                                            | 49  |
| Tabla 16: Resultados de AFOLU para Alcance 1, segregadas por nivel de reporte: BÁSICO+ y TERRITORIAL.                                                          | 52  |
| Tabla 17: Emisiones por categoría y subcategoría de V.2. Uso del suelo (Santa Fe, 2022).                                                                       | 56  |
| Tabla 18: Emisiones en fuentes agregadas y emisiones del suelo distintas al CO <sub>2</sub> (Santa Fe, 2022)                                                   | 59  |
| Tabla 19: Reporte de emisiones del sector Energía estacionaria según el marco de alcances (GPC).                                                               | 69  |
| Tabla 20: Reporte de emisiones del sector Transporte según el marco de alcances (GPC).                                                                         | 71  |
| Tabla 21: Reporte de emisiones del sector Residuos según el marco de alcances (GPC).                                                                           | 72  |
| Tabla 22: Reporte de emisiones del sector AFOLU según el marco de alcances (GPC).                                                                              | 83  |
| Tabla 23. Definición de las distintas categorías de ganado bovino.                                                                                             | 86  |
| Tabla 24. Asignación de regiones por departamento.                                                                                                             | 88  |
| Tabla 25. Asignación de cuencas lecheras por departamento.                                                                                                     | 91  |
| Tabla 26. Definiciones del uso de la tierra.                                                                                                                   | 98  |
| Tabla: 27 Definiciones de los depósitos de carbono utilizados en AFOLU para cada categoría de uso del suelo.                                                   | 102 |
| Tabla 28: Niveles de cálculo por categoría de quema de biomasa.                                                                                                | 111 |
| Tabla 29: Parámetros para la conversión a unidades de energía                                                                                                  | 117 |
| Tabla 30: Equivalencias de los Usuarios EPE con los Subsectores del GPC                                                                                        | 118 |

|                                                                                                                            |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tabla 31: Sectores consumidores de Biodiesel y Bioetanol                                                                   | 120 |
| Tabla 32: equivalencias de los Sectores SESCO con las categorías del GPC                                                   | 121 |
| Tabla 33: Equivalencias entre los sectores del BEN y los Subsectores del GPC                                               | 122 |
| Tabla 34: Equivalencias entre los Usuarios provistos por Enargas y los Subsectores del GPC                                 | 124 |
| Tabla 35: Datos de actividad del sector Energía Estacionaria                                                               | 126 |
| Tabla 36: Equivalencias entre las Tablas SESCO y los subsectores del GPC                                                   | 129 |
| Tabla 37: Datos de actividad para el sector Transporte                                                                     | 130 |
| Tabla 38: Sitios de disposición final (Rellenos Sanitarios) y respectivas capacidades anuales.                             | 132 |
| Tabla 39: Equivalencias entre Sistemas de saneamiento INDEC y Sistemas IPCC                                                | 134 |
| Tabla 40: Localidades con plantas de tratamiento de aguas residuales                                                       | 135 |
| Tabla 41: Sistemas tratamiento de efluentes por departamento                                                               | 136 |
| Tabla 42: Consumo de proteína per cápita en Argentina al año 2022                                                          | 137 |
| Tabla 43: Datos de actividad para el sector Residuos                                                                       | 137 |
| Tabla 44: Estimación de la “IV.1.2.f Producción anual de Etileno” en Santa Fe, año 2022.                                   | 139 |
| Tabla 45: Participación de plantas provinciales en la “IV.1.2.f Producción de Etileno”.                                    | 139 |
| Tabla 46: Estimación de la “IV.1.2.e Producción anual de Metanol” en Santa Fe, año 2022.                                   | 139 |
| Tabla 47: Participación de plantas provinciales en la “ IV.1.2.e Producción de Metanol”                                    | 139 |
| Tabla 48: Datos de actividad para el sector Proceso Industriales y Uso de Productos (IPPU)                                 | 141 |
| Tabla 49: Equivalencia de los sistemas productivos identificados por la fuente de información de ganados bovinos.          | 142 |
| Tabla 50. Datos de actividad de bovinos de leche.                                                                          | 143 |
| Tabla 51. Datos de actividad de bovinos de carne                                                                           | 144 |
| Tabla 52. Datos de actividad de otras ganaderías.                                                                          | 145 |
| Tabla 53: Datos de actividad para el cálculo de remociones de bosques nativos que permanecen como tales.                   | 146 |
| Tabla 54. Datos de actividad para el cálculo de remociones de bosques cultivados que permanecen como tales.                | 147 |
| Tabla 55. Datos de actividad para el cálculo de crecimiento de bosques cultivados que permanecen como tales.               | 147 |
| Tabla 56. Superficies de permanencia y transición para la categoría de pastizales.                                         | 149 |
| Fuente: Elaboración propia. en base a datos del INGEI 2022, aportado por Subsecretaría de Ambiente de la Nación Argentina. | 149 |
| Tabla 57. Superficies de permanencia y transición para la categoría de pastizales.                                         | 150 |
| Tabla 58. Superficies de permanencia y transición para la categoría de pastizales.                                         | 151 |
| Tabla 59. Superficies quemadas en tierras forestales y pastizales.                                                         | 152 |
| Tabla 60: Cantidad de nitrógeno de la aplicación de abono orgánico a campo, por tipo de ganadería.                         | 153 |
| Tabla 61. Consumo de Fertilizantes – Campaña 2021/2022. Total país                                                         | 154 |
| Tabla 62: Consumo de fertilizantes – Campaña 2021/2022. Total provincia                                                    | 155 |
| Tabla 63: Cantidad anual de Nitrógeno (fsn) aplicado a los suelos                                                          | 156 |
| Tabla 64: Cantidad de nitrógeno anual de la orina y el estiércol depositados por animales en el pastoreo y pasturas        | 157 |

|                                                                                                                                                                       |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tabla 65. Estimaciones agrícolas y estimación de la cantidad de N aportada por los residuos de cosecha                                                                | 158 |
| Tabla 66. Masa de N mineralizado por pérdida de materia orgánica de suelos.                                                                                           | 159 |
| Tabla 67: Datos de actividad, aplicación de urea.                                                                                                                     | 160 |
| Tabla 68. Datos de actividad, cultivo de arroz.                                                                                                                       | 160 |
| Tabla 69: Cálculo propio en base a los combustibles consumidos para la generación termoeléctrica en la Red Eléctrica Nacional, año 2022.                              | 162 |
| Tabla 70: Factores de emisión por defecto presentados por fuente de emisión para cada gas de efecto invernadero.                                                      | 162 |
| Tabla 71: Fuentes de obtención de factores de emisión junto con las notaciones correspondientes, presentadas para cada GEI.                                           | 164 |
| Tabla 72: Factores de emisión del sector transporte expresados por GEI en función del tipo de combustible.                                                            | 165 |
| Tabla 73: Fuentes de obtención de factores de emisión junto con las notaciones correspondientes, presentadas para cada GEI.                                           | 166 |
| Tabla 74. Factores de corrección de metano para disposición final de residuos sólidos.                                                                                | 167 |
| Tabla 75. Composición gravimétrica de los residuos sólidos.                                                                                                           | 167 |
| Tabla 76. Factores de emisión para la “III.3.1 Incineración de residuos sólidos”.                                                                                     | 167 |
| Tabla 77. Factores de corrección del metano para el “III.4.1.a Tratamiento y la eliminación de las aguas residuales domésticas”.                                      | 168 |
| Tabla 78. Otros parámetros para el cálculo de emisiones de metano para el “III.4.1.a Tratamiento y la eliminación de las aguas residuales domésticas”                 | 168 |
| Tabla 79. Factores de emisión del metano para el “III.4.1 Tratamiento y la eliminación de las aguas residuales domésticas”                                            | 168 |
| Tabla 80. Parámetros para el cálculo de emisiones de óxido nítrico para el “III.4.1 Tratamiento y la eliminación de las aguas residuales domésticas.”                 | 169 |
| Tabla 81. Consideraciones para el cálculo de emisiones de metano en la industria química.                                                                             | 170 |
| Tabla 82. Consideraciones para el cálculo de emisiones de dióxido de carbono en la industria metalúrgica.                                                             | 171 |
| Tabla 83. Parámetros para el cálculo de emisiones de uso de productos lubricantes.                                                                                    | 171 |
| Tabla 84: Factores de emisión empleados para el cálculo de las emisiones en la ganadería de leche                                                                     | 172 |
| Tabla 85: Factores de emisión empleados para el cálculo de las emisiones en la ganadería de carne.                                                                    | 172 |
| Tabla 86: Factores de emisión empleados para el cálculo de las emisiones en otras ganaderías                                                                          | 173 |
| Tabla 87: Factores de emisión de metano para la ganadería de leche aplicados en el cálculo de las emisiones provenientes de la gestión del estiércol (V.1.2).         | 173 |
| Tabla 88: Factores de emisión de metano para la ganadería de carne aplicados en el cálculo de las emisiones provenientes de la gestión del estiércol (V.1.2)..        | 174 |
| Tabla 89: Factores de emisión de metano para otras ganaderías no bovinas, aplicados en el cálculo de las emisiones provenientes de la gestión del estiércol. (V.1.2). | 174 |
| Tabla 90: factores de emisión utilizados en el cálculo de las emisiones directas de N <sub>2</sub> O para la ganadería lechera, segregados por región.                | 175 |
| Tabla 91: factores de emisión utilizados en el cálculo de las emisiones directas de N <sub>2</sub> O para la ganadería de carne, segregados por región.               | 175 |
| Tabla 92: factores de emisión utilizados en el cálculo de las emisiones directas de N <sub>2</sub> O para                                                             |     |

|                                                                                                                                                                                     |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| las otras ganaderías no bovinas.                                                                                                                                                    | 176 |
| Tabla 93: Factores de emisión empleados para el cálculo de emisiones Directas de N <sub>2</sub> O de la gestión del estiércol.                                                      | 176 |
| Tabla 94: Factores de emisión empleados para el cálculo de emisiones Indirectas de N <sub>2</sub> O de la gestión del estiércol.                                                    | 177 |
| Tabla 95: Porcentajes de Pérdida de N del MMS debido a la volatilización para cada tipo de ganadería.                                                                               | 177 |
| Tabla 96: Porcentajes de Pérdidas de N debido a escurrimiento y lixiviación durante el almacenamiento sólido y líquido del estiércol                                                | 177 |
| Tabla 97: Parámetros empleados en el cálculo de las emisiones de los usos del suelo en los bosques nativos que permanecen como tales (V.2.1.ai.1, V.2.1.ai.2)                       | 178 |
| Tabla 98: Parámetros empleados en el cálculo de las emisiones de los usos del suelo en los bosques cultivados que permanecen como tales (V.2.1.a.ii.1, V.2.1.a.ii.2).               | 178 |
| Tabla 99: Parámetros para el balance de biomasa en tierras diferentes a tierras forestales que permanecen como tales.                                                               | 179 |
| Tabla 100: Parámetros para el balance de biomasa en tierras diferentes a tierras forestales que permanecen como tales.                                                              | 180 |
| Tabla 102: Parámetros de masa combustible (Mb) disponible para la combustión en los distintos usos de la tierra, en unidades de ton ha <sup>-1</sup> .                              | 183 |
| Tabla 103: Factores de emisión (Gef) para las emisiones de metano (CH <sub>4</sub> ) y óxido nitroso (N <sub>2</sub> O), en unidades de: g kg <sup>-1</sup> de materia seca quemada | 185 |
| Tabla 104: Factor de combustión (Cf), adimensional                                                                                                                                  | 186 |
| Tabla 105: factor de emisión para emisiones de N <sub>2</sub> O de aportes de N                                                                                                     | 186 |
| Tabla 106: factor de emisión para emisiones de N <sub>2</sub> O del N de la orina y el estiércol depositado en pasturas, prados y praderas por animales en pastoreo                 | 187 |
| Tabla 107: Parámetros y factores de emisión para el cálculo de las emisiones indirectas de óxido nitroso (N <sub>2</sub> O) asociadas a suelos gestionados                          | 187 |
| Tabla 108: Parámetros y factor de emisión para el cálculo de las emisiones de metano (CH <sub>4</sub> ) provenientes de los cultivos de arroz.                                      | 188 |

# ÍNDICE DE GRÁFICOS

|                                                                                                                                   |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Gráfico 1: Contribución por tipo de GEI para el tipo de reporte BÁSICO+.                                                          | 28 |
| Gráfico 2: Contribución porcentual de resultados por sector para BÁSICO y BÁSICO+                                                 | 29 |
| Gráfico 3: Contribución para Alcances 1, 2 y 3 (BÁSICO+).                                                                         | 30 |
| Gráfico 4: Contribución porcentual de subsectores de Energía Estacionaria para Nivel BÁSICO+                                      | 33 |
| Gráfico 5: Nivel de reporte Territorial para el sector de Energía Estacionaria.                                                   | 33 |
| Gráfico 6: Emisiones de GEI de la Energía Estacionaria expresadas por tipo de energético para cada subsector para nivel BÁSICO +. | 35 |
| Gráfico 7: Emisiones de GEI de la Energía Estacionaria expresadas por tipo de combustible para cada subsector.                    | 36 |
| Gráfico 8: Contribución porcentual de subsectores de Transporte para BÁSICO+                                                      | 40 |
| Gráfico 9: Emisiones de GEI del Transporte expresadas por tipo de energético para cada subsector, para el Nivel Básico+.          | 41 |
| Gráfico 10: Emisiones de GEI del Transporte expresadas por tipo de combustible para cada subsector. Nivel Básico+.                | 42 |
| Gráfico 11: Aporte de cada tipo de combustibles al subsector de transporte en carretera. Fuente: Elaboración propia..             | 43 |
| Gráfico 12: Contribución porcentual de subsectores de Residuos para BÁSICO/BÁSICO+                                                | 45 |
| Gráfico 13: Contribución de emisiones de GEI segregadas por sitio de relleno sanitario en Santa Fe.                               | 46 |
| Gráfico 14: Contribución de emisiones de GEI segregadas por sistema de tratamiento, para cada departamento de Santa Fe (2022)     | 48 |
| Gráfico 15: Contribución porcentual de subsectores de IPPU para nivel BÁSICO+                                                     | 50 |
| Gráfico 16: Contribución porcentual de emisiones de los distintos tipos de industria en Santa Fe, año 2022.                       | 50 |
| Gráfico 17: Contribución de cada GEI al total del sector AFOLU.                                                                   | 53 |
| Gráfico 19: Distribución porcentual de emisiones clasificadas por categorías y especies ganaderas.                                | 55 |
| Gráfico 20: Participación de cada categoría del subsector “V.2.1.Uso del suelo”.                                                  | 57 |
| Gráfico 21: Emisiones (valores positivos) y absorciones (valores negativos) para Tierras forestales de Santa Fe (2022).           | 58 |
| Gráfico 22: Distribución de GEI en fuentes agregadas y emisiones del suelo distintas al CO <sub>2</sub> (Santa Fe, 2022).         | 59 |

# ÍNDICE DE FIGURAS

|                                                                                     |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1: Límites del inventario.                                                   | 12 |
| Figura 2: Actividades según fuentes de emisión para el Marco de alcances (1, 2 y 3) | 14 |
| Figura 3. Regionalización para sistemas modales de bovinos de carne                 | 85 |
| Figura 4. Regionalización para sistemas modales de bovinos de leche                 | 88 |
| Figura 5. Regiones forestales de la República Argentina.                            | 96 |

# ÍNDICE DE ECUACIONES

|                                                                                                                                            |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Ecuación 1. Ecuación general del cálculo de emisiones de GEI.                                                                              | 20  |
| Ecuación 2. Emisiones totales de la Energía Estacionaria por gas de efecto invernadero                                                     | 70  |
| Ecuación 3. Emisiones totales del Transporte por gas de efecto invernadero                                                                 | 71  |
| Ecuación 4. Emisiones de metano proveniente de los sitios de disposición final                                                             | 73  |
| Ecuación 5. Ecuación de cálculo del Potencial de generación de metano ( $L_0$ )                                                            | 74  |
| Ecuación 6. Ecuación de cálculo de Carbono orgánico degradable (DOC)                                                                       | 74  |
| Ecuación 7. Emisiones de CO <sub>2</sub> no biogénico                                                                                      | 75  |
| Ecuación 8. Emisiones de metano provenientes del tratamiento de las aguas residuales                                                       | 77  |
| Ecuación 9. Contenido orgánico total en las aguas residuales                                                                               | 77  |
| Ecuación 10. Ecuación para el cálculo del factor de emisión de CH <sub>4</sub> por unidad de mo.                                           | 78  |
| Ecuación 11. Emisiones indirectas de N <sub>2</sub> O provenientes de efluentes de aguas                                                   | 78  |
| Ecuación 12. Emisiones de CO <sub>2</sub> por producto químico                                                                             | 80  |
| Ecuación 13. Emisiones fugitivas                                                                                                           | 81  |
| Ecuación 14. Emisiones derivadas de venteos                                                                                                | 81  |
| Ecuación 15. Cálculo de emisiones provenientes de la producción de acero en hornos (EAF)                                                   | 81  |
| Ecuación 16. Cálculo de emisiones provenientes de la producción de hierro                                                                  | 82  |
| Ecuación 17. Cálculo de emisiones provenientes de la producción de hierro DRI                                                              | 82  |
| Ecuación 18. Cálculo de emisiones sin combustión, asociadas al uso de lubricantes                                                          | 92  |
| Ecuación 19. Emisiones por fermentación entérica de una categoría de ganado.                                                               | 92  |
| Ecuación 20. Emisiones totales por fermentación entérica del ganado.                                                                       | 93  |
| Ecuación 21. Emisiones de CH <sub>4</sub> de la gestión del estiércol.                                                                     | 94  |
| Ecuación 22. Emisiones directas de N <sub>2</sub> O de la gestión del estiércol.                                                           | 95  |
| Ecuación 23. Pérdidas de N debidas a la volatilización de la gestión del estiércol.                                                        | 95  |
| Ecuación 24. Emisiones indirectas de N <sub>2</sub> O debidas a la volatilización de N de la gestión                                       | 96  |
| Ecuación 25. Emisiones indirectas de N <sub>2</sub> O debidas a lixiviación de la gestión del                                              | 96  |
| Ecuación 26. Cambios en las existencias anuales de carbono para todo el sector AFOLU                                                       | 101 |
| Ecuación 27. Incremento anual de las existencias de carbono en biomasa en tierras que permanecen en la misma categoría de uso de la tierra | 101 |
| Ecuación 28. Cálculo de la superficie equivalente intervenida de bosque nativo.                                                            | 104 |
| Ecuación 29. Obtención de la superficie equivalente acumulada.                                                                             | 105 |
| Ecuación 30. Reducción anual de las existencias de carbono en biomasa en tierras que permanecen en la misma categoría de uso de la tierra  | 105 |
| Ecuación 31. Pérdida anual de carbono en la biomasa por remociones de bosques.                                                             | 105 |
| Ecuación 32. Pérdida anual de carbono en la biomasa por remociones de madera combustible.                                                  | 105 |
| Ecuación 33. Incrementos anuales promedio de la biomasa.                                                                                   | 106 |
| Ecuación 34. Emisiones provenientes de la quema de biomasa.                                                                                | 106 |
| Ecuación 35. Emisiones directas anuales de N <sub>2</sub> O producidas a partir de suelos gestionados.                                     | 107 |
| Ecuación 36. Emisiones directas anuales de N <sub>2</sub> O producidas por aportes de N a suelos gestionados                               | 108 |

|                                                                                                                                    |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Ecuación 37. Emisiones directas anuales de $N_2O$ de aportes de orina y estiércol a tierras de pastoreo                            | 108 |
| Ecuación 38. Emisiones anuales de $N_2O$ producidas por deposición atmosférica de N volatilizado en suelos gestionados.            | 109 |
| Ecuación 39. Emisiones anuales de $N_2O$ producidas por lixiviación y escurrimiento de agregados de nitrógeno a suelos gestionados | 112 |
| Ecuación 40. Emisiones derivadas de la aplicación de urea                                                                          | 112 |
| Ecuación 41. Emisiones de metano de los cultivos de arroz                                                                          | 113 |
| Ecuación 42. Obtención del porcentaje de pérdidas de electricidad por transmisión y distribución                                   | 113 |
| Ecuación 43. Obtención del porcentaje de autoconsumo en plantas de energía                                                         | 114 |
| Ecuación 44. Aplicación de factor per cápita                                                                                       | 114 |
| Ecuación 45. Obtención del porcentaje de viviendas que utilizan gas licuado como principal                                         | 115 |
| Ecuación 46. Estimación del consumo de leña                                                                                        | 115 |
| Ecuación 47. Estimación de cantidad de residuos sólidos eliminados en sitios no controlados                                        | 119 |
| Ecuación 48. Estimación de residuos sólidos totales generados                                                                      | 119 |
| Ecuación 49. Estimación de incineración de residuos patológicos.                                                                   | 122 |
| Ecuación 50. Estimación de la producción anual de productos industriales en base a la producción nacional                          | 123 |
| Ecuación 51. Ajuste por población promedio anual de aves de corral                                                                 | 125 |
| Ecuación 52. Ecuación general para la estimación del factor de emisión de la red eléctrica                                         | 132 |