

INVENTARIO DE GASES DE EFECTO INVERNADERO DE LA PROVINCIA DE SANTA FE, AÑO 2016

Resumen ejecutivo



Gobierno
de Santa Fe



imæ



Autoridades Provinciales

Gobernador de la Provincia de Santa Fe

Miguel Lischitz

Ministro de Medio Ambiente

Jacinto Esperanza

Secretaria de Estado de la Energía

Verónica Geese

Subsecretario de Energías Renovables

Roberto Bisso

Director Provincial de Cambio Climático

Eduardo Roude

Equipo de revisiones interna y externa

Lic Marcelo Bormioli

Lic Lara Colombo

Ing Sofía Garro

Mariana Ramallo

Unidad Ejecutora del Proyecto

Coordinador del Proyecto

Prof Mg Ing Marcelo Vega

Coordinador Científico del Proyecto

Prof Dr Rubén D Piacentini

Coordinadora de Inventario

Ing Lucía Céspedes

Coordinadora de Comunicación

Julieta Fajardo

Colaboradores

Florencia Bauza

Juliana Castro

Facundo Fernández

Noelia Gennus

Marina Labadie

Florencia Lang

Emiliano Marchetti

Anabela Mottura

Julieta Nuñez

Florencia Papa

Brenda Santa María

Tania Trusendi

INDICE

- 04. Introducción
- 06. Resultados
- 06. Resultados totales
- 08. Sector Energía
- 11. Subsector Combustión Estacionaria
- 12. Subsector Combustión Móvil (o Transporte)
- 14. Sector Agricultura (incluyendo Ganadería), Silvicultura y Otros Usos del Suelo
(ASOUS, en inglés AFOLU)
- 15. Subsector Ganadería (Fermentación entérica y Gestión de estiércol)
- 21. Subsector Tierras forestales que permanecen como tales
- 23. Subsector Fuentes agregadas y fuentes de emisión no-CO2 de la tierra
(Encalado, Aplicación de urea)
- 24. Subsector Emisiones directas de N2O de suelos gestionados
- 26. Subsector Emisiones indirectas de N2O de suelos gestionados
- 27. Subsector Cultivo de arroz
- 28. Sector Residuos
- 28. Subsector Residuos sólidos urbanos
- 30. Subsector Aguas residuales
- 31. Sector Industria
- 32. Subsector Industria de producción de metales
- 34. Subsector Industria química
- 36. Subsector Industria de los minerales
- 37. Conclusiones
- 38. Referencias

1. INTRODUCCIÓN

Los últimos informes del Panel Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático (IPCC, 2013; IPCC, 2018) convocados por Naciones Unidas, han puesto en evidencia la imperiosa necesidad de realizar acciones para mitigar al menos y adaptarse a las consecuencias del aumento de la temperatura global por efecto del calentamiento que está sufriendo el planeta desde la Revolución industrial, principalmente en las últimas décadas. Dicho calentamiento está siendo producido esencialmente por los denominados Gases de Efecto Invernadero (abreviados con las siglas GEI) emitidos a la atmósfera, siendo los principales: Dióxido de Carbono (CO₂), Metano (CH₄) y Óxido nitroso (N₂O) (IPCC, 2013)¹. En consecuencia, resulta de gran importancia conocer en detalle cuánto contribuyen diferentes fuentes, procesos y actividades a las emisiones totales de dichos gases, por lo que la Provincia de Santa Fe (Argentina) ha decidido realizar un inventario de las emisiones de GEI asociado a cada actividad económica, productiva o de consumo en la Provincia. Conocer las emisiones a la atmósfera (y posibles retiros de la atmósfera, en este caso debido a la acción fotosintética de las plantas) por sectores, permitirá diagramar acciones realmente efectivas, tendientes a sus reducciones.

Este informe resumido presenta el Primer Inventario de Gases de Efecto Invernadero (GEI), para el año 2016 de la Provincia de Santa Fe. Dicho Inventario ha sido desarrollado según las indicaciones dadas en las Directrices de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC), para la preparación de las Comunicaciones Nacionales de los países no-Anexo I (Directrices IPCC, 2006). Siguiendo estos lineamientos, se han analizado los distintos Sectores propuestos en esta metodología: 1-Energía (dividida en el Subsector Energía Estacionaria, relacionada esencialmente con el consumo del hábitat, de la industria y del comercio y Energía Móvil, relacionada con el Transporte), 2-Procesos Industriales y Usos de Productos, 3-Agricultura, Silvicultura y Otros usos del suelo (abreviada ASOUS o AFOLU, por sus siglas en inglés) y 4-Residuos.

En el Sector Energía, los datos de actividad (abreviados DA) de las fuentes de energía y de los combustibles fueron extraídos de la Compañía Administradora del Mercado Mayorista Eléctrico (CMMESA), la Secretaría de Energía de la Nación y de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, por sus siglas en Inglés). En el caso de gas natural se empleó la información estadística del Ente Nacional Regulador del Gas (ENARGAS).

¹Otros gases de efecto invernadero necesarios de reportar a las Naciones Unidas incluyen el hexafluoruro de azufre, los hidrofluorocarbonos y los perfluorocarbonos, los cuales no se han incluido en este primer Inventario.

En el Sector Agricultura, Silvicultura y Otros Usos del Suelo, se obtuvieron datos del Instituto Provincial de Estadísticas y Censos (IPEC), el Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria (SENASA), el Inventario de Gases de Efecto Invernadero de Argentina 2012 y 2014, la Subsecretaría de Recursos Naturales de la Provincia de Santa Fe, el Gobierno de Santa Fe, la Universidad Católica de Santa Fe, la Bolsa de Comercio de Santa Fe, la Bolsa de Comercio de Rosario, FAO, la asociación civil Fertilizar, la Secretaría de Agricultura de la Provincia de Santa Fe, la Cámara de la Industria Argentina de Fertilizantes y Agroquímicos, el Ministerio de Agroindustria de la Nación y la Universidad Nacional de Rosario. Aún así, no fue posible conseguir datos fehacientes y confiables sobre tierras de cultivo, asentamientos, humedales, pastizales, tierras convertidas en tierras forestales, encalado, productos de madera recolectada, por los que no se los incluyó en el presente Inventario.

Para el Sector Residuos, los datos fueron obtenidos a partir del Censo histórico provincia de Santa Fe, la Bolsa de Comercio de Santa Fe, el Instituto Provincial de Estadística y Censos (IPEC), la Dirección de Estadística de FAO, SENASA, la Subsecretaría de Pesca de la Nación, el Ministerio de Hacienda de la Nación, el Instituto Petroquímico Argentino, la Cámara de Cerveceros de Argentina, la Dirección de Informaciones y Estudios Económicos de la Bolsa de Comercio de Rosario y Datos de Mercosur de la Universidad Federal de Río Grande, Brasil.

En el Sector Procesos Industriales y Usos de Productos se tuvieron en cuenta las producciones de este Sector a nivel provincial, contactándose en forma directa o a través de internet a la empresa ACINDAR, la Unión Industrial Argentina, el Instituto Petroquímico Argentino y las empresas del vidrio Bolitas Tinka, Cristalería San Carlos y Vitrofin Ltda. Al no contar con suficiente información confiable y transparente, no se incluyó en el presente inventario el sector Uso de Productos.

Para uniformizar la información de las emisiones debidas a los distintos gases de efecto invernadero, los datos de las emisiones de los gases Metano (CH₄) y Oxido nitroso (N₂O), son convertidos a Dióxido de Carbono (CO₂eq) equivalente, utilizando los Potenciales de calentamiento global proporcionados por el Segundo Informe de Evaluación del IPCC (IPCC-SAR) de 1995. Estos coeficientes toman los siguientes valores: 1 para CO₂, 21 para CH₄ y 310 para N₂O.

2. RESULTADOS

2.1 Resultados totales

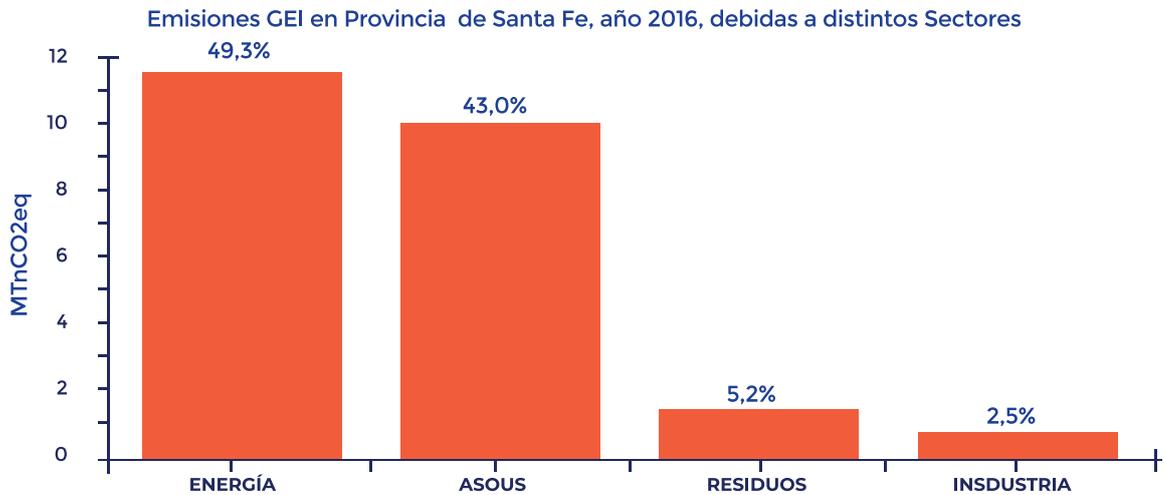
La totalidad de las emisiones que generó la provincia de Santa Fe en el año 2016 fue estimada en 23,403 Mega Toneladas CO₂equivalente (abreviado de ahora en más como: MTnCO₂eq, onde “M” indica millón y “CO₂eq” indica que las otras fuentes, CH₄ y N₂O se convirtieron a CO₂). Los valores totales y sus porcentajes relativos, por cuestiones de redondeo, pueden tener muy pequeñas diferencias.

La Tabla 1, segunda columna, presenta las contribuciones de cada Sector en orden decreciente de importancia: Energía, ASOUS (Agricultura, Silvicultura y Otros usos del suelo), Residuos e Industria.

Tabla 1. Emisiones de GEI producidas en la Provincia de Santa Fe en el año 2016, por los distintos Sectores: Energía, ASOUS (Agricultura, Silvicultura y Otros usos del suelo), Residuos e Industria. Nota: la segunda columna corresponde a datos del presente Inventario y la tercera columna, a datos desagregados del Inventario Nacional 2014

SECTOR	EMISIONES GEI DE LA PROV. DE SANTA FE, AÑO 2016 (MTNCO ₂ EQ)	EMISIONES GEI NACIONALES EXTRAPOLADAS AL AÑO 2106 PARA LA PROV. DE SANTA FE (MTNCO ₂ EQ)
Energía	11,537	16,58
ASOUS (Agricultura, Silvicultura y Otros usos del suelo)	10,075	9,29
Residuos	1,211	1,15
Industria	0,5795	1,39
TOTAL	23,403	28,41

Figura 1. Contribución en orden decreciente en valor absoluto (eje vertical) y porcentaje de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) producidas en la Provincia de Santa Fe en el año 2016, por los Sectores: Energía, ASOUS (Agricultura, Silvicultura y Otros usos del suelo), Residuos e Industria.



A los fines de una comparación con los datos publicados por la Dirección de Cambio Climático de la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación (ver <https://inventariogei.ambiente.gob.ar>), para la provincia de Santa Fe y dado que dichos datos están dados para el año 2014 y anteriores y no para el año correspondiente al presente inventario, es posible realizar una extrapolación matemática al año 2016 (datos del Informe final). Los resultados de dicha extrapolación para cada uno de los Sectores, están detallados en la última columna de la Tabla 1. Si bien se observan diferencias, posiblemente debidas a que el presente es un primer Inventario Provincial y no se han conseguido la totalidad de los datos para el año 2016 pero de Subsectores no significativos o a la aproximación de la extrapolación (con tendencias que se mantienen en todos los casos), la diferencia relativa porcentual entre los valores de las columnas 2da y 3ra de la Tabla 1 es relativamente baja, del 17,6 %.

En la Figura 1 se detalla la contribución a las emisiones, en orden decreciente y el porcentaje relativo de los distintos Sectores, siendo el que más contribuyó en el año 2016 el Sector Energía, con un aporte de casi la mitad del total (49,3 %), siguiéndole Agricultura, Silvicultura y Otros usos del suelo (ASOUS) con una contribución también importante de 43,0 %, luego en proporciones mucho menores, Residuos con 5,2 % e Industria con 2,5 %.

Es de señalar la gran importancia que tiene la determinación de estos porcentajes, ya que permite enfocar acciones específicas hacia los Sectores y Subsectores que más contribuyen a las emisiones de gases de efecto invernadero, de modo tal de tender a una reducción significativa de los mismos, tal como lo sugiere el Panel Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático, convocados por Naciones Unidas (IPCC, 2013; IPCC, 2018).

2.2 Sector Energía

El uso energético de los diversos combustibles (Sector Energía²) es el mayor emisor de GEI en la Provincia de Santa Fe, habiendo emitido 11,537 MTnCO₂eq durante el año 2016. Dentro de este Sector se suele diferenciar en dos grandes Subsectores: Combustión estacionaria y Combustión móvil (o Transporte), cuyas emisiones se detallan en la Tabla 2.

Tabla 2. Emisiones de GEI producidas por fuentes del Sector Energía en la Provincia de Santa Fe en el año 2016, desagregado los Subsectores: Combustión estacionaria y Combustión móvil (o Transporte).

SUBSECTOR	EMISIONES GEI (MTNCO ₂ EQ)
Combustión estacionaria	7,565
Combustión móvil (o Transporte)	3,972
TOTAL	11,537

Energía - Emisiones de CO₂eq por subsector

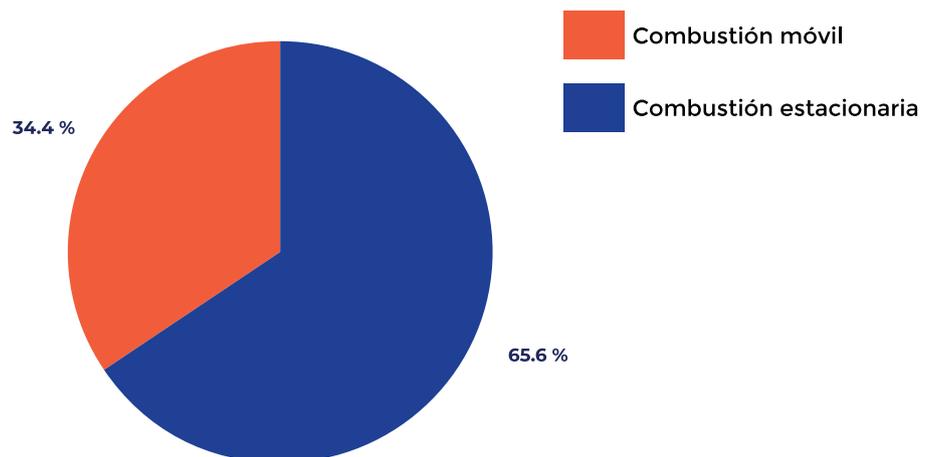


Figura 2. Contribución relativa porcentual de cada Subsector: Combustión estacionaria y Combustión móvil (o Transporte).

²Esta categoría incluye todas las emisiones de GEI que emanan de la quema y las fugas de diversos combustibles utilizados para producción de electricidad, vapor, movimiento mecánico de maquinarias, transporte, etc. Las emisiones de usos no energéticos de combustibles no suelen incluirse aquí, sino que se declaran en el sector de Procesos industriales y uso de productos.

La contribución relativa porcentual de cada Subsector está descrita en la Figura 2, comprobándose que el mayor aporte es debido a la Combustión estacionaria, siendo de casi 2/3 (65,6 %) y el resto debido al Transporte (34,4 %).

Cabe aclarar que dentro de este subsector de Combustión estacionaria se encuentra entre otras la producción de electricidad en la Provincia que va destinada a consumo residencial, comercial e industrial.

El subsector Combustión móvil incluye las emisiones debidas al consumo de combustibles (naftas, GNC, Diésel, etc.) para el transporte de cualquier tipo (ómnibus, camiones, autos, barcos, aviones, tractores, etc).

Dentro del uso energético de los diversos combustibles (Sector Energía) es de interés evaluar, la contribución a las emisiones de GEI relacionándolas con cada tipo de Combustible consumido en la Provincia a esos fines, las que se detallan en la Tabla 3. La contribución relativa porcentual se presenta en la Figura 3. Se puede observar que el Gas natural es el combustible de mayor relevancia³ (41,7 %), seguido por Gasoil (37,5 %), Gasolina (nafta) (12,0 %), Fuel Oil (4,1 %) y Gas licuado de petróleo (0,75 %), sumando (96,1 %) y otras contribuciones menores.

³En este combustible está incluido el Gas Natural consumido en las viviendas, en las industrias, en las industrias generadoras de electricidad, en vehículos a GNC, entre otros.

Tabla 3. Emisiones de GEI producidas por el Sector Energía en la Provincia de Santa Fe en el año 2016, correspondiente a las distintas contribuciones por tipo de Combustible.

Tipo de combustible	Emisiones GEI (MTnCO2eq)
Gasoil	4,330
Gasolina (nafta)	1,388
Gas Natural	4,808
Fueloil	0,476
Cáscara de girasol	0,089
Licor negro	0,001
GLP (Gas licuado de petróleo)	0,086
Leña	0,001
GNC (Gas natural comprimido)	0,344
Kerosene	0,003
Aerokerosene	0,005
Biodiesel	0,001
Bioetanol	0,005
TOTAL	11,537

Energía - Emisiones de CO₂eq por tipo de combustible

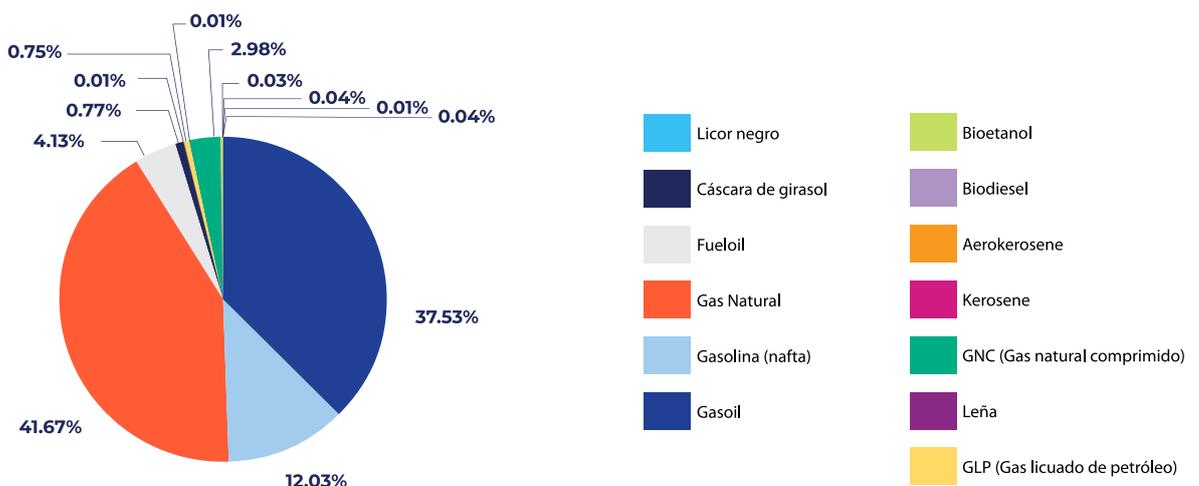


Figura 3. Contribución relativa porcentual del Sector Energía por tipo de Combustible.

2.2.1. Combustión estacionaria

Como se detalló, dentro del subsector de Combustión estacionaria se encuentran, entre otras, la producción de electricidad/vapor/calor (pública y privada) en la Provincia que va destinada al consumo residencial, comercial e industrial. En total en Santa Fe se emitieron en el año 2016, 7,565 MTnCO₂eq por actividades de Combustión estacionaria.

Nuevamente es de interés desagregar ese total de 7,565 MTnCO₂eq a cada tipo de combustible utilizado. La Tabla 4 detalla la contribución a la Combustión estacionaria por tipo de Combustible.

Tabla 4. Emisiones de GEI producidas por el Subsector Combustión estacionaria en la Provincia de Santa Fe en el año 2016, correspondiente a las distintas contribuciones por tipo de Combustible.

Combustible	Emisiones GEI (MTnCO ₂ eq)
GLP (gas licuado de petróleo)	0,086
Gas natural	4,808
Leña	0,001
Gasolina (nafta)	0,020
Gasoil	2,085
Kerosene	0,0001
Cáscara de Girasol	0,089
Licor negro	0,001
Fuel Oil	0,476
TOTAL	7,565

La contribución relativa porcentual de la Combustión estacionaria por tipo de Combustible está detallada en la Figura 4. Se puede observar que el Gas natural es el combustible de mayor relevancia (63,5%), seguido por Gasoil (27,6%), Fuel Oil (6,3%), Cáscara de girasol (1,2%) y Gas licuado de petróleo (1,1%), sumando estas contribuciones 99,7%. Las demás contribuciones (leña, nafta y kerosene) colaboran individualmente en muy pequeña proporción.

Energía -Estacionaria - Emisiones CO₂eq por tipo de combustible

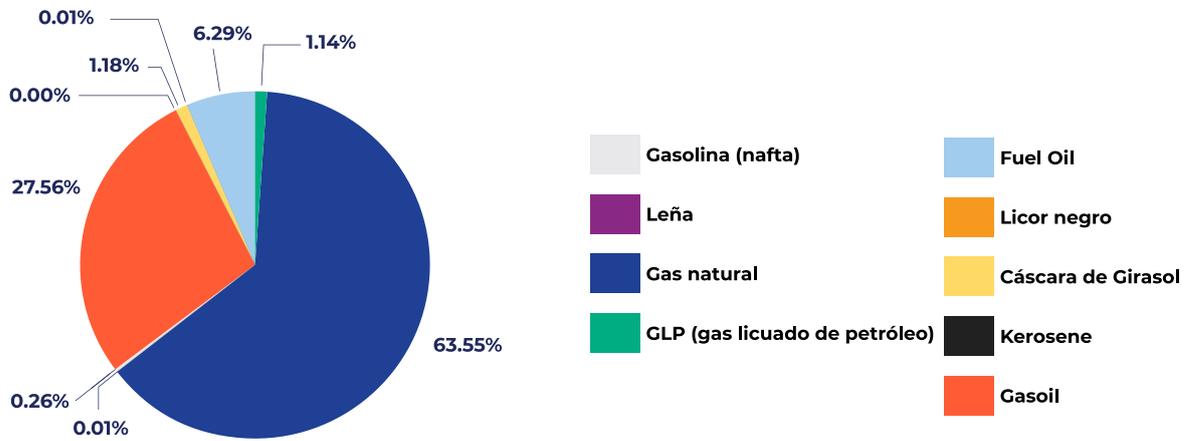


Figura 4. Contribución relativa porcentual del Sector Combustión Estacionaria por tipo de Combustible.

2.2.2. Combustión móvil (o Transporte)

En total se puede observar que por actividades de Transporte (automotor, naviero, aéreo, agrícola, etc), en la Provincia de Santa Fe se emitieron en el año 2016, 3,972 MTnCO₂eq.

Se analiza en la Tabla 5 la contribución a esta Combustión móvil (o Transporte) de cada tipo de combustible.

Tabla 5. Emisiones de GEI producidas por el Sector Energía, Subsector Combustión móvil en la Provincia de Santa Fe en el año 2016, correspondiente a las distintas contribuciones por tipo de Combustible.

Combustible	Emisiones GEI (MTnCO2,eq)
Gasolina (nafta)	1,369
Gasoil	2,244
Kerosene	0,002
GNC	0,344
Kerosene	0,003
Aerokerosene	0,005
Biodiesel	0,001
Bioetanol	0,005
TOTAL	3,972

Energía - Móvil - Emisiones CO₂eq por combustible

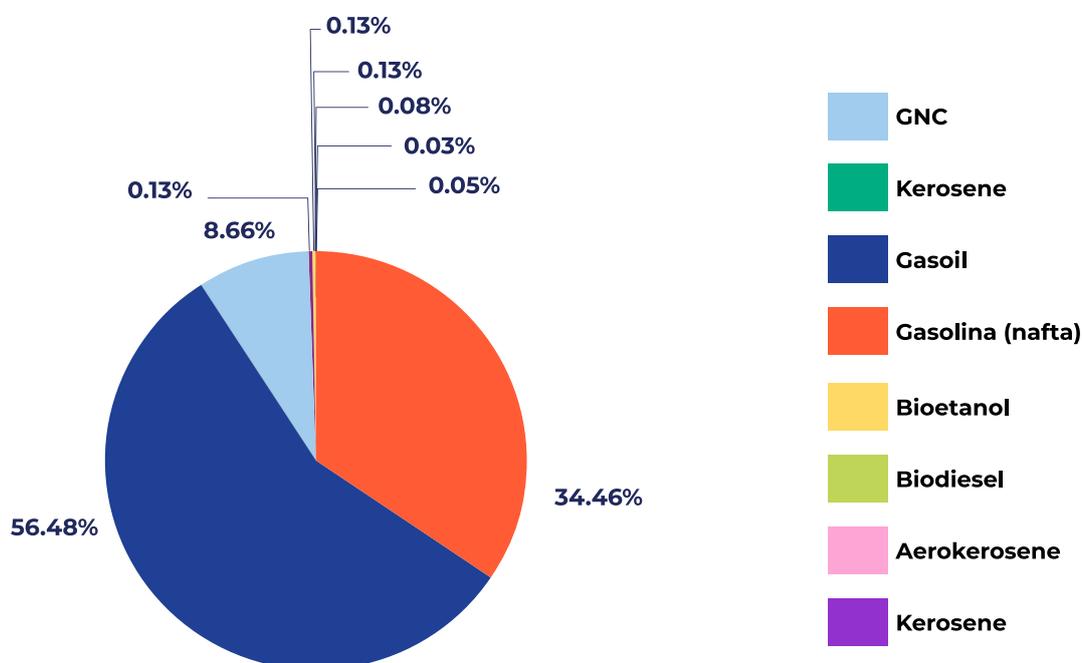


Figura 5. Contribución relativa porcentual del Subsector Combustión móvil (o Transporte) por tipo de Combustible.

2.3 Sector Agricultura (incluyendo Ganadería), Silvicultura y Otros Usos del Suelo (ASOUS, en inglés AFOLU)

La Agricultura, Ganadería, Silvicultura y Otros Usos del Suelo, tienen una contribución preponderante en relación a las actividades que se desarrollan en la Provincia de Santa Fe. En consecuencia, también serán importantes las contribuciones de los distintos Subsectores a las emisiones de gases de efecto invernadero, del año 2016.

En la Tabla 6, están detallados los valores de las emisiones de cada Subsector del Sector ASOUS (o AFOLU), el cual emitió en la Provincia de Santa Fe, en el año 2016, 10,075 MTnCO₂eq, siendo el segundo en importancia, luego del Sector Energía.

Cabe aclarar que este sector evalúa las emisiones/absorciones asociadas a cuestiones tales como ser: la fermentación entérica del ganado, las emisiones/absorciones de los suelos debido a cultivos y pastoreos, las emisiones/absorciones por cambios de usos de suelos, por aplicaciones de fertilizantes, la gestión del estiércol, etc.

Tabla 6. Emisiones de GEI producidas por el Sector ASOUS (o AFOLU) en la Provincia de Santa Fe en el año 2016, correspondiente a las contribuciones de los distintos Subsectores (en TnCO₂eq).

Fermentación entérica (TnCO ₂ eq)	4 804 604,53
Gestión del estiércol (TnCO ₂ eq)	289 038,49
Tierras forestales que permanecen como tales (TnCO ₂ eq)	2 095 420,33
Aplicación de urea (TnCO ₂ eq)	45 064,66
Emisiones directas N ₂ O suelos gestionados (TnCO ₂ eq)	2 494 362,47
Emisiones indirectas N ₂ O suelos gestionados (TnCO ₂ eq)	220 220,41
Cultivo del Arroz (TnCO ₂ eq)	126 063,21
Total (TnCO₂eq)	10 074 774,10

Las contribuciones relativas porcentuales de cada Subsector están detalladas en la Figura 6, comprobándose que la mayor contribución es debida a Fermentación entérica⁴ (47,7%), siguiéndole las Emisiones directas de Oxido Nitroso (N₂O) de los suelos gestionados (24,8 %), las Tierras forestales que permanecen como tales (20,8%) y la Gestión del estiércol (2,9 %), contribuyendo las cuatro un 96,2 %. La Aplicación de urea, las Emisiones indirectas de Oxido Nitroso y el Cultivo de arroz colaboran con el resto en una pequeña proporción (3,8%). Es de señalar que si se suman las contribuciones debidas a la Ganadería (Fermentación entérica y Gestión del Estiércol), las cuales totalizan un 50,6%, superan a las de la Agricultura y Tierras forestales juntas.

EMISIONES AFOLU

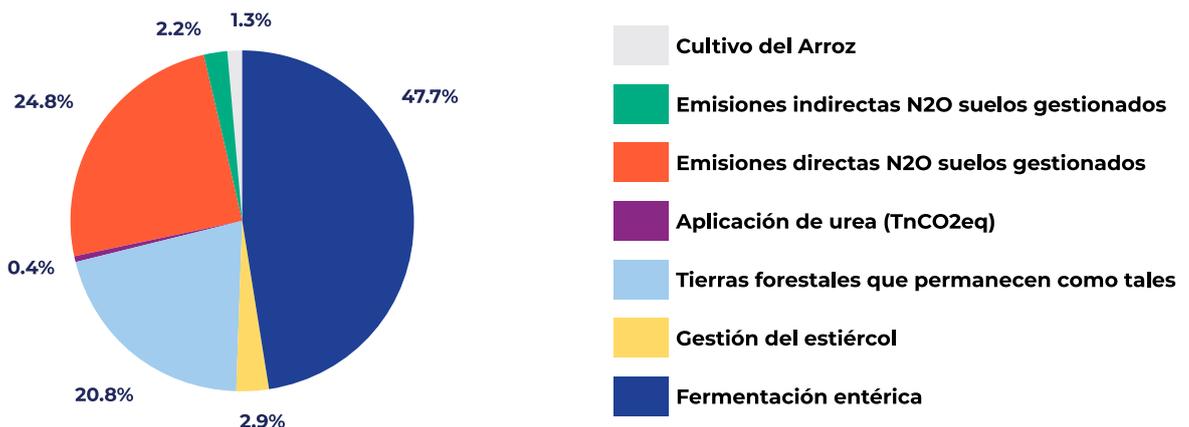


Figura 6. Contribución relativa porcentual del Sector ASOUS (o AFOLU) por tipo de actividad.

2.3.1 Subsector Ganadería (Fermentación entérica y Gestión de estiércol)

Las emisiones GEI de este subsector Ganadería de la Provincia de Santa Fe, año 2016, corresponden a un valor de 5,094 MTnCO₂eq, habiendo contribuido la Fermentación entérica y la Gestión del estiércol, en las cantidades que se detallan en la Tabla 7.

Tabla 7. Emisiones de GEI producidas por el Subsector Ganadería en la Provincia de Santa Fe en el año 2016, correspondiente a las contribuciones de Fermentación entérica y Gestión del estiércol.

⁴Básicamente GEI emitidos por el ganado por la digestión de sus alimentos.

Contribución debida a	Emisiones GEI (MTnCO2eq)
Fermentación entérica	4,805
Gestión del estiércol	0,289
TOTAL	5,094

La contribución relativa porcentual de la Fermentación entérica es de 94,3 %, siendo la restante (5,7 %) debida a la Gestión del estiércol.

2.3.1.1 Fermentación entérica

Como se ha analizado, una contribución de gran importancia a las emisiones del gas de efecto invernadero Metano (CH₄) en el Subsector Ganadería es el de la fermentación entérica, que es debida al proceso digestivo de las especies herbívoras, mediante el cual los Hidratos de Carbono se descomponen en moléculas más sencillas por acción de microorganismos. La cantidad de Metano que se libera depende del tipo de tracto digestivo, de la edad y peso del animal y de la calidad y cantidad del alimento consumido. En esta clasificación se incluyen los animales: Bovinos de carne y de leche, Ovinos, Caprinos, Equinos (sin incluir mulas y asnos), Mulas y Asnos como clasificación aparte de la anterior y Porcinos.

Tabla 8. Emisiones de GEI en la Provincia de Santa Fe en el año 2016, correspondiente a la fermentación entérica generada por distinto tipo de ganado.

Ganado	Sistema Modal	Sistema Productivo	Emisiones CH ₄ (ton)	Emisiones (TnCO ₂ eq)
Bovino Carne	Pampeana Norte	Cría	29 104,53	611 195,13
		Invernada	17 254,85	362 351,85
	Noroeste Argentino	Cría	57 469,06	1 206 850,35
		Invernada	36 420,17	764 823,48
Bovino Leche	-	-	83 965,94	1 763.284,72
Ovinos	-	-	728,06	15 289,26
Caprinos	-	-	510,23	10 714,83
Equinos (menos mulas y asnos)	-	-	2 868,07	60 229,39
Mulas y Asnos	-	-	6,90	144,90
Porcinos	-	-	462,89	9 720,63
TOTAL			228 790,7	4 804 604,5

En la Provincia de Santa Fe, se destacan la cría intensiva en el norte y la invernada intensiva en el centro y sur y en las islas del Paraná pertenecientes esta Provincia. En la actualidad, gran parte de esta actividad ha sido desplazada de los potreros y se realiza a corral. La faena representa el 20 % del total nacional.

Los resultados de las emisiones de gases de efecto invernadero producidas por la fermentación entérica del ganado, está detallada en la Tabla 8.

En la Figura 7 se puede observar la contribución relativa porcentual (de GEI debido a la fermentación entérica) por tipo de ganado, comprobándose la muy alta contribución de los bovinos, que en su conjunto (leche y carne) abarcan el 98% de las emisiones. Esto se debe no sólo al elevado número de cabezas que se encuentran en la Provincia de Santa Fe, sino también a su carácter rumiante.

Emisiones de CO₂eq por tipo de Ganado - Fermentación Entérica

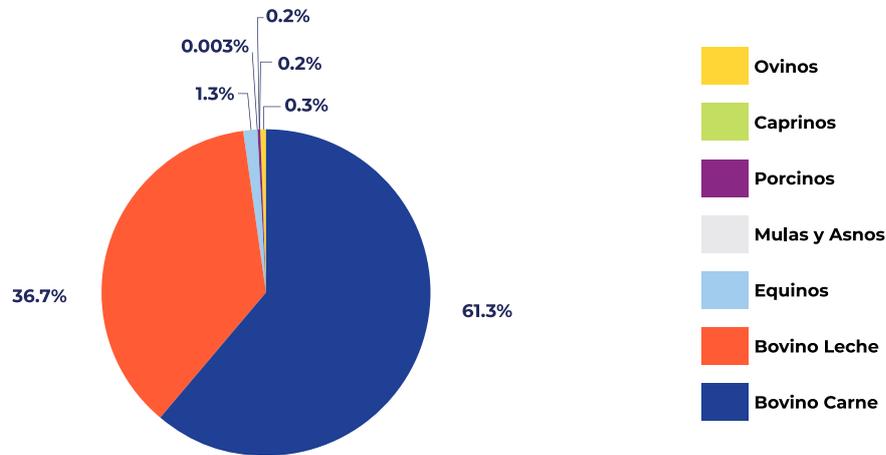


Figura 7. Contribución relativa porcentual a la fermentación entérica por tipo de ganado.

Analizando en mayor detalle la contribución del ganado bovino, se puede observar el aporte porcentual de cada Sub-categoría en las Figuras 8 y 9, las cuales describen a las emisiones debidas al ganado bovino en su totalidad y al ganado bovino de carne de manera individual, respectivamente.

La Figura 8, permite determinar que la ganadería bovina de carne contribuye en un 63% en su totalidad, mientras que la ganadería bovina de leche aporta el 37% restante. Asimismo, dentro del ganado bovino de carne, se observa en la Figura 9 que en la Provincia de Santa Fe, la región Nordeste de Argentina (NEA) contribuye en un 67%, mientras que la región Pampeana Norte (PN) aporta el 33% restante.

Emisiones CO₂eq bovino - Fermentación entérica

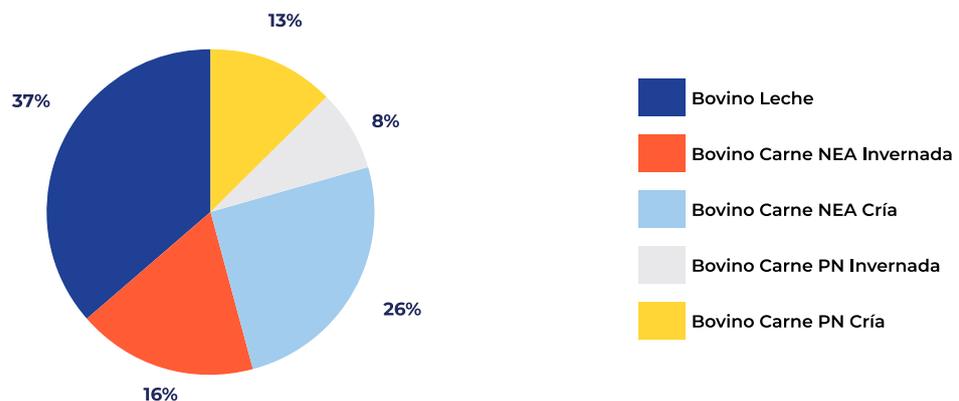


Figura 8. Contribución relativa porcentual a la fermentación entérica por ganado bovino.

Emisiones CO₂eq bovino carne - Fermentación entérica

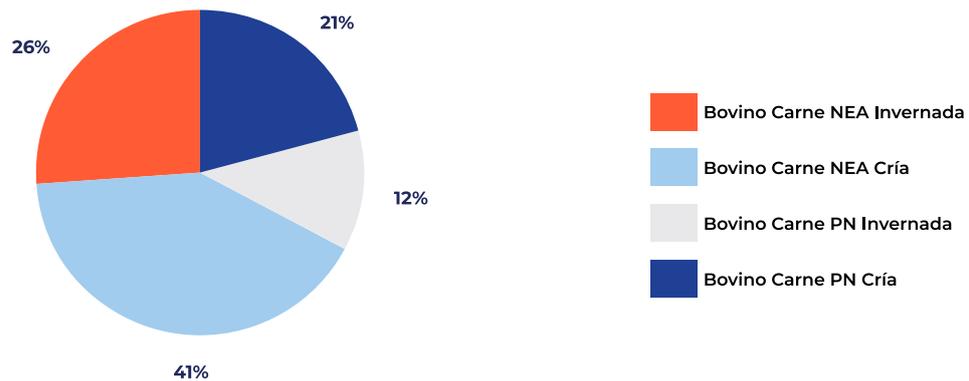


Figura 9. Contribución relativa porcentual a la fermentación entérica por ganado bovino de carne. Nota: PN indica región Pampeana Norte y NEA región Nordeste de Argentina.

Dentro de cada región, se mantiene el patrón de una mayor contribución del modelo productivo de cría por sobre el modelo de invernada. Si se comparan las emisiones correspondientes a la actividad de la cría para ambas regiones, se puede observar una contribución del 62%, en contraposición al 38% correspondiente a invernada.

2.3.1.2 Gestión del estiércol

Durante su almacenamiento y tratamiento, el estiércol producido por el ganado (fracción sólida y fracción líquida) se descompone bajo condiciones anaeróbicas, generando Metano (CH₄). Estas condiciones se dan principalmente cuando se gestionan grandes cantidades de animales en una superficie confinada (feedlots, tambos, aves de corral, entre otros).

Los principales factores que inciden en las emisiones de Metano (CH₄) son: a) la cantidad de estiércol que se produce, la cual depende de la tasa de producción de desechos por animal y b) la porción que se descompone anaeróbicamente, que depende del tipo de gestión del estiércol. En general, si se almacena o procesa como líquido, el estiércol emite grandes cantidades de CH₄, debido a su descomposición anaeróbica, mientras que si se maneja como sólido o si se deposita en pasturas, produce menores cantidades de dicho gas, al ser parcialmente aeróbica su descomposición.

Tabla 9. Emisiones de GEI, en la Provincia de Santa Fe en el año 2016, correspondiente a la gestión del estiércol, por distinto tipo de ganado.

Tipo de Ganado	Emisiones CH4 (ton)	Emisiones N2O (ton)	Emisiones (TnCO2eq)
Bovino Carne	1 458,31	293,64	121 651,57
Bovino Leche	688,81	398,17	137 896,66
Asnos y mulas	0,62	N/A	13,04
Aves de corral	116,76	15,83	7 358
Caprinos	17,35	N/A	364,30
Equinos (menos asnos y mulas)	261,31	N/A	5 487,57
Ovinos	21,84	N/A	458,68
Porcinos	462,89	19,64	15.808,91
TOTALES	3 027,89	727,27	289 038,49

Por su parte, las emisiones directas de Óxido nitroso (N₂O) se producen a través de la nitrificación y desnitrificación combinadas del Nitrógeno contenido en el estiércol. Depende de su contenido de Nitrógeno y de Carbono, así como del tiempo de almacenamiento y del tipo de tratamiento. La fracción de Nitrógeno orgánico excretado (Urea y Ácido úrico) que se mineraliza a Nitrógeno amoniacal durante la recolección y almacenamiento del estiércol, depende principalmente del tiempo, aunque también influye, en menor medida, la temperatura.

Las emisiones de gases de efecto invernadero producidas por la gestión del estiércol del ganado en 2016, en la Provincia de Santa Fe, se encuentran detalladas en la Tabla 9.

En la Figura 10 están indicadas las contribuciones por tipo de ganado. Como se puede observar, los bovinos lecheros presentan la mayor contribución, seguidos los bovinos de carne. El ganado bovino, en su totalidad, contribuye cerca del 90%. Esto se debe a que el estiércol del ganado bovino lechero se gestiona como laguna anaeróbica no cubierta, el cual presenta emisiones de Oxido nitroso (N₂O) elevadas. El estiércol del ganado bovino de carne se gestiona en su mayoría como pastoreo, con lo cual se informa en la categoría de "Emisiones de N₂O de suelos gestionados".

Gestión del estiércol - Emisiones CO₂eq por tipo de ganado

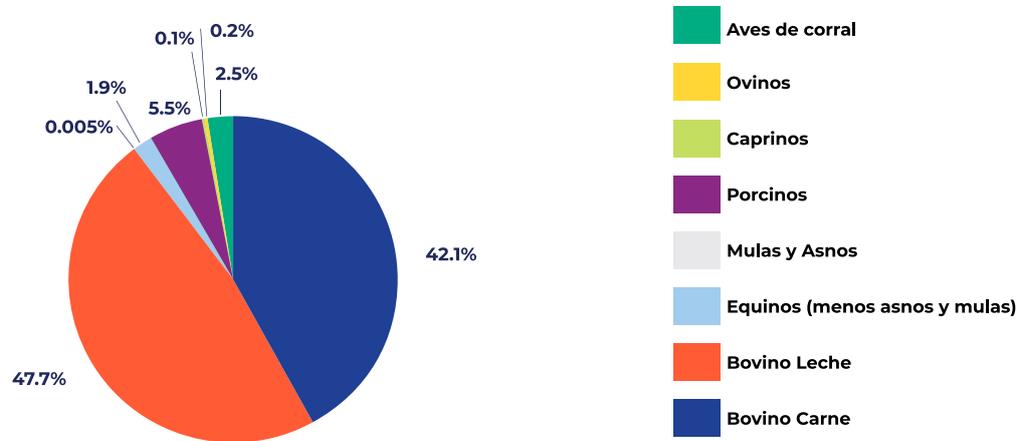


Figura 10. Contribución relativa porcentual a la Gestión de estiércol por tipo de ganado.

2.3.2 Subsector Tierras forestales que permanecen como tales

En esta sección se incluye el análisis de tierras que han sido tierras forestales durante un lapso mayor que el que se necesita para modificar los niveles de Carbono en el suelo. Por defecto (según Directrices IPCC 2006), este lapso corresponde a 20 años. Asimismo, de acuerdo a las Directrices IPCC 2006, si no se dispone de datos respecto a la conversión de la tierra y al período de transición, se supone, por defecto, que toda la tierra con bosques gestionados pertenece a la presente categoría, por lo que las emisiones y absorciones (debidas estas últimas a la fotosíntesis de las plantas) de gases de efecto invernadero (GEI) se estiman dentro de esta categoría. Para estimar los procesos de absorción y emisión de las tierras forestales que permanecen como tales, se incluyen los siguientes depósitos de Carbono: biomasa aérea y subterránea, materia orgánica muerta (que a su vez abarca madera muerta y hojarasca) y suelo (incluye Carbono orgánico hasta profundidad determinada, 30 cm por defecto, raíces vivas y muertas y materia orgánica muerta menor a 2 mm). Dado que estos procesos varían según diversos factores del lugar, los tipos de bosques o plantaciones, las etapas de desarrollo de la arboleda y las prácticas de manejo, se recomienda segmentar las tierras forestales en subcategorías. En el presente inventario se subdividieron los datos según zonas ecológica y climática. En primer lugar, Santa Fe pertenece a la zona climática (según división del IPCC) correspondiente a templado cálido húmedo. En segundo lugar, se distinguen diversas ecorregiones en la Provincia, las cuales se agruparán en Parque Chaqueño y Espinal, dada la disponibilidad de factores. Estas

ecorregiones se encuentran ampliamente descriptas en el libro “Las Ecorregiones. Su conservación y las áreas naturales protegidas de la provincia de Santa Fe”, del Ministerio del Medioambiente de Santa Fe (dirección y compilación de Néstor Ricardo Biasatti).

En esta sección se presentan los emisiones/absorciones correspondientes al depósito biomasa, en el cual las ganancias (por captura de gases de efecto invernadero) corresponden al crecimiento de la biomasa aérea y subterránea y las pérdidas (por emisiones a la atmósfera de estos gases), a la recogida de rollizos y de madera combustible, a las perturbaciones provocadas por incendios, insectos, enfermedades, etc. Cuando se producen tales pérdidas, también se reduce la biomasa subterránea y se transforma en materia orgánica muerta.

Tabla 10. Ganancias (por absorciones) y pérdidas (por emisiones) de GEI, en la Provincia de Santa Fe en el año 2016, correspondiente a Tierras forestales que permanecen como tales. Tabla Superior: Definiciones relativas al Cambio anual de las existencias de Carbono y Tabla Inferior: Categorías de bosques en relación a las posibilidades de absorción y de emisión de gases de efecto invernadero.

Definición	Ecorregión	Emisiones (TnCO ₂ eq)
Incremento anual de las reservas de Carbono debido al incremento de la biomasa en tierras forestales que siguen siendo tierras forestales.	Parque Chaqueño	721 920,00
	Espinal	121 401,00
Pérdida anual de Carbono por remoción de bosques.	Parque Chaqueño	49 024,00
	Espinal	0,00
Pérdida anual de Carbono en la biomasa por remoción de madera combustible.	Parque Chaqueño	1 198 956,52
	Espinal	166 818,75
Cambio anual en las existencias de biomasa aérea y subterránea para tierras forestales que permanecen como tales.	Parque Chaqueño	-526 060,52
	Espinal	-45 417,75

Categoría	Absorciones (TnCO ₂ eq)	Emisiones TnCO ₂ eq)	Emisiones netas (TnCO ₂ eq)
Parque chaqueño	2 647 040,00	4 575 928,58	-1 918 888,58
Espinal	445 137,00	611 668,75	-166 531,75
TOTAL	3 092 177,00	5 187 597,33	-2 095 420,33

En conclusión, durante el año 2016 en la Provincia de Santa Fe se produjo una reducción en las existencias de Carbono debido a la pérdida de biomasa para tierras forestales que permanecen como tales (suma de los valores de las líneas segunda y tercera de la Tabla 10. Superior) de 1 414 800 toneladas de Carbono, mientras que el aumento anual en las existencias de Carbono debido al crecimiento de biomasa para tierras forestales que permanecen como tales es de 843 320 toneladas de Carbono. En consecuencia, de la última fila de la Tabla 10. Superior, es posible constatar que el cambio anual en las existencias de Carbono de la biomasa aérea y subterránea para tierras forestales que permanecen como tales fue de -571 480 toneladas de Carbono. Es decir que el balance entre las ganancias de biomasa y las pérdidas resulta en una pérdida neta de Carbono de esta última cantidad de toneladas.

En relación al balance neto de absorciones y emisiones de CO₂, la Tabla 10. Inferior, muestra que el resultado final es de emisiones de unas 2,095 MTnCO₂eq. Es de señalar que en este caso, por convención, el signo menos (-) en la última columna indica emisiones netas.

2.3.3 Subsector Fuentes agregadas y fuentes de emisión no-CO₂ de la tierra

En la presente sección se incluyen las emisiones de óxido nitroso (N₂O) de suelos gestionados, incluidas las indirectas provenientes de los agregados de Nitrógeno (N) a la tierra, debidos a deposición y lixiviación, así como las emisiones de Dióxido de Carbono (CO₂) producidas por los agregados de materiales de encalado y de fertilizantes con contenido de urea.

2.3.3.1 Encalado

En este Primer Inventario Provincial no se estima esta contribución debida a la cal, por falta de datos. Es de destacar que en el último Inventario Nacional tampoco se informa la presente categoría.

2.3.3.2 Aplicación de urea

El agregado de urea a los suelos durante la fertilización conlleva una pérdida de CO₂ que se fija en el proceso de producción industrial. La urea (CO(NH₂)₂) se convierte en amonio (NH₄⁺), ión hidroxilo (OH⁻), y bicarbonato (HCO₃⁻) en presencia de agua y de enzimas de ureasa. A su vez, el bicarbonato se convierte en CO₂ y agua.

Los resultados se detallan en la Tabla 11.

Tabla 11. Emisiones de GEI, en la Provincia de Santa Fe en el año 2016, correspondiente a la aplicación de urea.

Tipo de fertilizante	Emisiones C (ton)	Factor de conversión C-CO ₂	Emisiones (TnCO ₂ eq)
UAN	1 222,19	3,67	4 481,35
Urea	11 068,18	3,67	40 583,31
TOTAL			45 064,66

En conclusión, la aplicación de urea emite un total de 45 065 toneladas de CO₂eq en Santa Fe en 2016.

2.3.4 Subsector Emisiones directas de N₂O de suelos gestionados

El Óxido nitroso (N₂O) se produce de manera natural en los suelos a través de la nitrificación y desnitrificación. La primera es la oxidación microbiana aeróbica del amonio en nitrato, mientras que la segunda es la reducción microbiana anaeróbica del nitrato en Nitrógeno gaseoso (N₂). El N₂O es un producto intermedio en la secuencia de reacción de la desnitrificación y un producto derivado de la nitrificación que se fuga de las células microbianas al suelo y de allí a la atmósfera. Uno de los principales factores de control es la disponibilidad de N inorgánico en el suelo. En esta sección, se consideran las emisiones/absorciones asociadas a los agregados netos de N a los suelos producidos por el hombre, tales como fertilizantes, depósitos de estiércol, residuos agrícolas, barros cloacales, etc o bien por la mineralización de N en la materia orgánica del suelo, producida por la gestión de suelos orgánicos o por cambios en los cultivos o usos del suelo, en suelos minerales. Estas emisiones se producen tanto por vía directa desde los suelos, como por vía indirecta, que puede ser: a partir de la

volatilización del Amoníaco y Óxidos de Nitrógeno (con $x = 1$ o 2) NO_x de los suelos gestionados y de la combustión de los combustibles fósiles y quemado de biomasa, con la subsiguiente deposición de estos gases y sus productos en suelos y agua. Además, a partir de la lixiviación y escurrimiento del N.

Las emisiones directas de N_2O se producen por un incremento del N disponible, que se genera por agregados de N de origen antropogénico, por cambios en el uso del suelo o en las prácticas de manejo de los mismos, que resulten en la mineralización del N orgánico del suelo. Las fuentes consideradas incluyen: fertilizantes sintéticos, deposición de excretas en pasturas, residuos de cosecha, mineralización de N relacionada con la pérdida de materia orgánica del suelo como resultado de cambios en el uso de la tierra o en la gestión de suelos minerales y el drenaje de suelos orgánicos.

Los resultados de las emisiones directas de N_2O y su conversión a CO_2eq se encuentran detalladas en la Tabla 12.

Tabla 12. Emisiones de GEI, en la Provincia de Santa Fe en el año 2016, correspondiente a las Emisiones directas de Óxido nitroso (N_2O) de los suelos gestionados.

Subsector	Emisiones directas de $\text{N}_2\text{O-N}$ (kg $\text{N}_2\text{O-N}$)	Factor de conversión $\text{N}_2\text{O-N}$ a N_2O	Emisiones N_2O (ton)	Emisiones (Tn CO_2eq)
Fertilizantes sintéticos	145 259,04	1,571428571	228,26	70 761,91
Residuos de cosecha	3 165 577,97	1,571428571	4 974,48	1 542 088,70
Orina y estiércol de animales de pastoreo	1 809 555,15	1,571428571	2 843,59	881 511,87
TOTAL (TnCO_2EQ)				2 494 362,47

En conclusión, las emisiones directas de N_2O de suelos gestionados en Santa Fe durante el 2016 conllevan 2,494 MTn CO_2eq .

La contribución de cada Subsector se puede observar en la Figura 11.

Contribuciones - Emisiones CO₂eq - Emisiones N₂O directas suelos gestionados

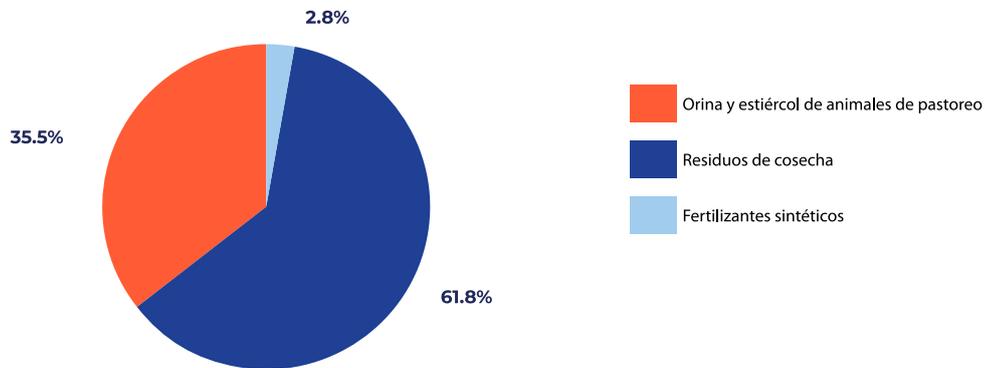


Figura 11. Contribución relativa porcentual de las emisiones directas de N₂O de los suelos gestionados.

Los residuos de cosecha son responsables de la mayor parte de las emisiones de la presente categoría (61,8 %), seguidos por la orina y estiércol de los animales de pastoreo (35,3 %), totalizando ambos 97,1 %. Finalmente, con una contribución pequeña se encuentran los fertilizantes sintéticos (2,8 %).

2.3.5 Subsector Emisiones indirectas de N₂O de suelos gestionados

Además de las emisiones directas de N₂O de los suelos gestionados que se producen por vía directa, también tienen lugar emisiones de N₂O por vías indirectas, tales como la volatilización de N como NH₃ y NO_x.

Los resultados de las emisiones correspondientes a la presente categoría se detallan en la Tabla 13.

Tabla 13. Emisiones de GEI, en la Provincia de Santa Fe en el año 2016, correspondiente a las Emisiones indirectas de Óxido nitroso (N₂O) de los suelos gestionados.

Emisiones N-N ₂ O (kg)	Factor de conversión N ₂ O-N a N ₂ O	Emisiones N ₂ O (ton)	Emisiones (TnCO ₂ eq)
452 065,36	1,5714	710,388426	220 220,41

En el año 2016, en la Provincia de Santa Fe, las emisiones indirectas de N₂O en suelos gestionados conllevaron la emisión de 0,220 MTnCO₂eq.

En resumen, las emisiones de N₂O de los suelos gestionados y las emisiones de CO₂ derivadas de la aplicación de urea, en 2016 en la Provincia de Santa Fe corresponden a 2,76 MTnCO₂eq.

En la Figura 12 están representadas las contribuciones de cada Subsector.

Emisiones CO₂eq - Subsectores

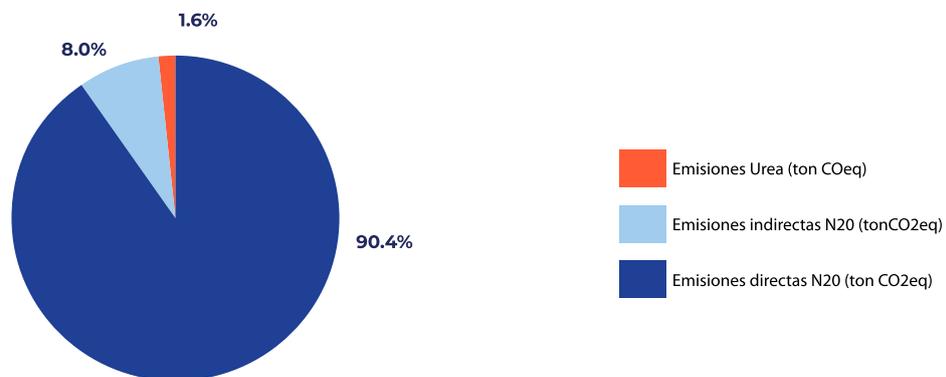


Figura 12. Contribución relativa porcentual de las emisiones directas de N₂O de los suelos gestionados, debidas a los diferentes Subsectores.

En particular, las emisiones directas de N₂O presentan una contribución ampliamente mayoritaria (90,4 %), frente a las indirectas de N₂O (8,0 %), sumando entre ambas (98,4 %) y el resto a las emisiones de CO₂ asociadas a la aplicación de urea (1,6 %).

2.3.6 Subsector Cultivo de arroz

La descomposición anaeróbica de la materia orgánica en los arrozales inundados produce Metano (CH₄), cuya cantidad anual emitida depende de la cantidad y duración de los cultivos, de los regímenes hídricos previos al período de cultivo y de los abonos orgánicos e inorgánicos del suelo, así como del tipo de suelo y la temperatura.

La Provincia de Santa Fe es la tercera productora de arroz a nivel nacional, luego de Corrientes y Entre Ríos, representando el 19% del área total cosechada durante el año 2016. Particularmente, la cadena arrocera santafesina se desarrolla hacia el este de la provincia, en los márgenes del Río Paraná de los departamentos de San Javier y Garay.

En la Tabla 14, se presentan los resultados correspondientes al Cultivo de arroz, para la Provincia de Santa Fe, el año 2016, siendo sus emisiones 0,126 MTnCO₂eq.

Tabla 14. Emisiones de GEI en la Provincia de Santa Fe en el año 2016, correspondientes al Cultivo de arroz.

Emisiones de CH ₄ (tonelada)	Emisiones (TnCO ₂ eq)
6 003,01	126 063,21

2.4 Sector Residuos

El Sector Residuos o Desechos (Categoría 4 del IPCC) incluye no solo los Residuos Sólidos Urbanos sino también los Industriales, así como las aguas residuales residenciales e industriales cualquiera sea su gestión. En esta categoría, la Provincia de Santa Fe emitió 1,211 MTnCO₂eq durante el año 2016.

En la Tabla 15 se detallan las emisiones desagregadas en dos subcategorías o subsectores: Residuos sólidos urbanos y Aguas residuales.

Tabla 15. Emisiones de GEI producidas por el Sector Residuos en la Provincia de Santa Fe en el año 2016, correspondientes a los Subsectores: Residuos sólidos urbanos y Aguas residuales.

Subsector	Emisiones GEI (MTnCO ₂ eq)
Residuos sólidos urbanos	0,758
Aguas residuales	0,453
TOTAL	1,211

La mayor contribución porcentual relativa a las emisiones de gases de efecto invernadero está dada por las Aguas residuales (62,5 %), siendo el resto debida a Residuos sólidos urbanos (37,5 %).

2.4.1 Subsector Residuos sólidos urbanos

En la Tabla 16 se describe la emisión del gas de efecto invernadero Metano (CH₄) expresada en millones de toneladas de CO₂equivalente, producida por los Residuos Sólidos Urbanos de la Provincia de Santa Fe, en el año 2016, en cada uno de los Nodos

geográfico-administrativos en los que se divide la Provincia: Nodo 1, Reconquista; Nodo 2, Rafaela; Nodo 3, Santa Fe; Nodo 4, Rosario y Nodo 5, Venado Tuerto.

Tabla 16. Emisión de Metano (en MTnCO₂eq) en el 2016, en los distintos Nodos geográfico-administrativos de la Provincia de Santa Fe.

Emisiones de metano (CH ₄)	Nodo 1 (MTnCO ₂ eq)	Nodo 2 (MTnCO ₂ eq)	Nodo 3 (MTnCO ₂ eq)	Nodo 4 (MTnCO ₂ eq)	Nodo 5 (MTnCO ₂ eq)	Total (MTnCO ₂ eq)
	0,0592	0,0639	0,158	0,401	0,0756	0,758

En la Figura 13 están representadas las contribuciones porcentuales relativas de cada Nodo al total de las emisiones de Metano en el año 2016. Es posible observar que la mayor contribución (52,9%) proviene del Nodo 4 (Gran Rosario) dado el gran número de personas que lo habitan (alrededor de 1.75 millones de habitantes), siguiéndole los Nodos 3 (20,8 %), 5 (10,0 %), 2 (8,4 %) y 1 (7,8 %).

Emisiones de Metano debidas al Subsector Residuos sólidos urbanos

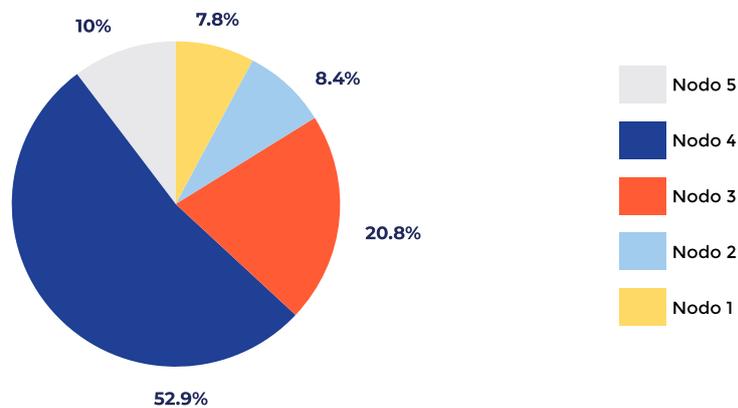


Figura 13 Contribución relativa porcentual de las emisiones de Metano (detalladas en Tabla 16 como TnCO₂eq) debidas al Subsector Residuos sólidos urbanos. por Nodo geográfico-administrativo de la Provincia de Santa Fe. en el año 2016.

2.4.2 Subsector Aguas residuales

En este Subsector se estiman las emisiones de Dióxido de Carbono equivalente total, donde el aporte se da por el Metano (CH4) producido por la degradación anaeróbica de las Aguas Residuales Domésticas/Comerciales y por las Aguas Residuales Industriales y las emisiones de Oxido nitroso (N2O) producidas por las Aguas Residuales Humanas. Las emisiones debidas a este Subsector ascienden a 0,4534 MTnCO2eq.

La Tabla 17 detalla las contribuciones a las emisiones de la Provincia de Santa Fe del año 2016, debidas a Aguas residuales.

Tabla 17. Emisiones de gases de efecto invernadero Metano (CH4) y Óxido nitroso (N2O) (en MTnCO2eq) en el 2016, en la Provincia de Santa Fe, debidas a Aguas residuales.

Categoría	Emisiones (MTnCO2eq)
Doméstico (debidas a CH4)	0,1887
Industrial (debidas a CH4)	0,2005
Efluentes domésticos (debidas a N2O)	0,0642
TOTAL	0,4534

En la Figura 14 se detalla la contribución relativa porcentual del Subsector Aguas

Emisiones de CO2eq debidas al subsector Aguas Residuales

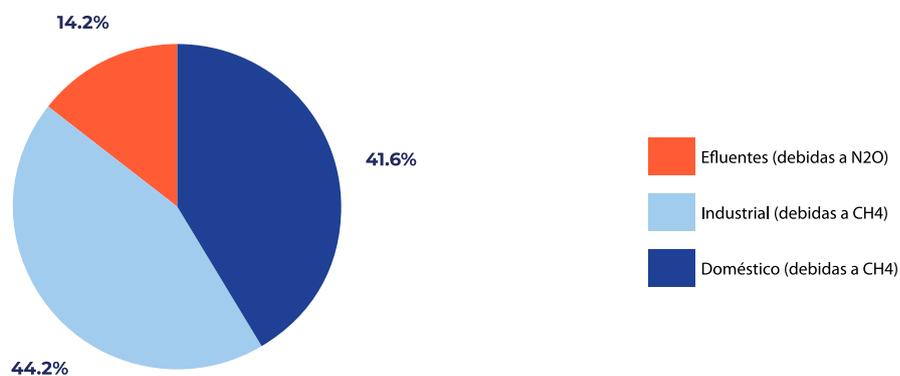


Figura 14. Contribución relativa porcentual del Subsector Aguas residuales a las emisiones de gases de efecto invernadero (CH₄ y N₂O), por tipo de categoría: Doméstico, Industrial y Efluentes domésticos.

residuales, a las de emisiones de Metano (CH₄) debidas a las Categorías: Doméstico (41,6 %) e Industrial (44,2 %) y de Oxido nitroso (N₂O) debida a Efluentes domésticos (14,2%), siendo la contribución del Metano la más importante.

La Categoría principal que influye en las emisiones es la de pasta y papel, lo cual se debe principalmente a la gran generación de agua residual en el proceso de fabricación. Al comparar esta Categoría con las demás fuentes de gases de efecto invernadero resulta ser muy superior, ya que en la Provincia de Santa Fe existen varias empresas de gran importancia en la producción de estos productos, como lo es Celulosa Argentina SA. El siguiente grupo (donde junto al de pasta y papel abarcan casi el 90% de las emisiones totales) es la categoría Otras, debido a que incluye varios tipos de productos como: Arroz, Frutas, Verduras, Lácteos, Aceites que se producen de manera significativa a nivel provincial.

2.5 Sector Industria

El Sector Industria (Categoría 2 del IPCC ⁵) incluye las emisiones asociadas a los procesos de fabricación de productos industriales y uso de productos. No se incluyen aquí (tal como lo solicita el IPCC) las emisiones vinculadas al uso de combustibles para producción de energía en la industria, extracción, procesamiento y transporte de combustibles ni transporte de sustancias, las que ya están consideradas en el Sector Energía.

En la Provincia de Santa Fe se emitieron 0,5795 MTnCO₂eq de gases de efecto invernadero asociadas a este sector, durante el año 2016. Los Subsectores preponderantes, o mayoritarios, evaluados en este primer inventario provincial han sido cuyas emisiones asociadas: Industria de producción de metales (hierro y acero), Industria química (petroquímica) e Industria de los minerales (vidrio), se detallan en la Tabla 18.

Tabla 18. Emisiones GEI producidas por el Sector Industria en la Provincia de Santa Fe en el año 2016, correspondiente a los Subsectores: Industria de producción de metales (hierro y acero), Industria Química (petroquímica) e Industria de los minerales (vidrio).

⁵Procesos industriales y Usos de Productos.

La contribución relativa porcentual de cada Subsector está descrita en la Figura 15, comprobándose que el mayor aporte (en este Sector) proviene de la Industria de producción de metales (hierro y acero) (86,3%) y el resto debido prácticamente a la Industria química (petroquímica) (13,7%), dado que la contribución de la Industria de los minerales (entre las que se encuentra la del vidrio) es mínima comparada con las demás.

Porcentajes del total de 0,5795 MTnCO₂eq por subsectores del sector Industria

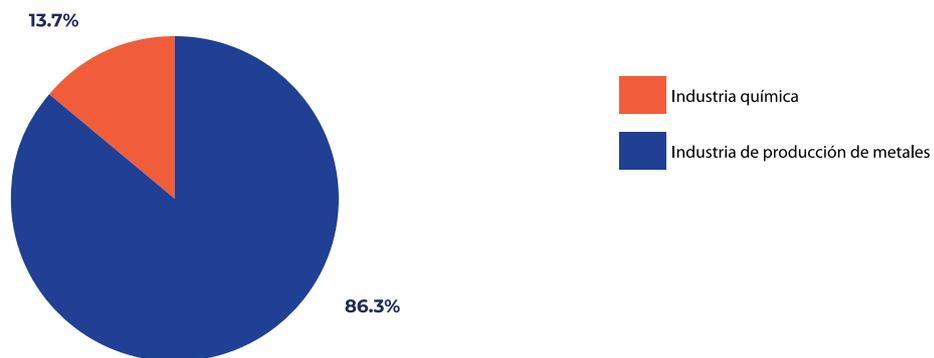


Figura 15. Contribución relativa porcentual de los Subsectores de producción de metales (hierro y acero) y de industria química (petroquímica). El subsector industria de los minerales no aparece aquí por su baja relación porcentual.

A continuación se presenta un análisis por Subsector.

2.5.1 Subsector Industria de producción de metales (Categoría 2.C del IPCC)

El presente Subsector está representado en la Provincia de Santa Fe principalmente por la gran Acería ACINDAR, instalada en Villa Constitución, siendo las demás industrias de este tipo varios órdenes de magnitud menores en sus producciones, por lo que los resultados se concentran esencialmente en esta acería.

De acuerdo a las Directrices IPCC 2006, la producción de hierro y acero debe incluir: instalaciones principales que producen tanto hierro como acero, instalaciones secundarias de fabricación de acero solamente, plantas de producción de hierro y producción de coque metalúrgico fuera de la instalación. Las emisiones de GEI asociadas a la producción de coque metalúrgico, a partir de la carbonización a altas temperaturas del carbón, se considera un uso energético del combustible fósil, por lo que se reportan en el Sector Energía.

La diferencia principal entre el hierro y el acero se halla en el porcentaje de Carbono: el acero es hierro con un porcentaje de Carbono de entre el 0,03% y el 1,075%.

La producción del acero puede realizarse a partir del mineral de hierro o bien de chatarra de acero reciclada. El primer caso, incluye la producción de coque, los altos hornos y los hornos básicos de Oxígeno o de reverbero. El acero bruto se produce en un horno básico de Oxígeno a partir del arrabio (producto obtenido de la primera fusión del hierro en los altos hornos que contiene más Carbono que el acero o que el hierro forjado) producido por el alto horno y luego se procesa para obtener productos acabados de acero. El arrabio también puede procesarse para obtener directamente productos de hierro. En el segundo caso, se utilizan hornos de arco eléctrico.

Los resultados de las emisiones de gases de efecto invernadero asociadas a la producción de hierro y acero se detallan en la Tabla 19.

Tabla 19. Emisiones GEI producidas en la Provincia de Santa Fe en el año 2016, correspondiente al Subsector Industria de producción de metales (hierro y acero).

Categoría	Emisiones (MTnCO2eq)
Doméstico (debidas a CH4)	0,1887
Industrial (debidas a CH4)	0,2005
Efluentes domésticos (debidas a N2O)	0,0642
TOTAL	0,4534

En conclusión, las emisiones asociadas a los procesos productivos de hierro y acero (no consumo de energía) han sido de 0,500 MTnCO2eq durante el 2016 en la Provincia de Santa Fe. Dicho valor no incluye las emisiones asociadas al consumo o uso de energía (calor, electricidad, etc.) de dicha actividad, las que están consideradas en el reporte del Sector Energía.

La proporción relativa porcentual de las distintas contribuciones a las emisiones debidas a esta industria: hierro reducido directo y acero crudo, está representada en la Figura 16.

Industria del hierro y el acero - Contribuciones porcentuales a las emisiones de GEI, por producto

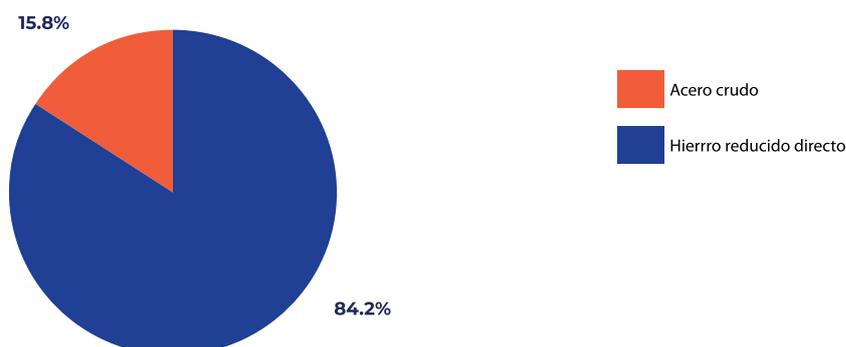


Figura 16. Contribución relativa porcentual de la Industria del hierro y del acero, desagregadas de acuerdo a si el proceso es a partir de mineral de hierro (hierro reducido directo, detallado en color azul), o bien a partir de chatarra (Acero crudo, en naranja). Como se observa en dicha Figura 16, el proceso a través de hierro reducido directo presenta la mayor contribución a las emisiones de CO₂ con el 84,2 %. Siendo la del proceso a partir de acero crudo del 15,8 %.

2.5.2 Subsector Industria química (Categoría 2.B del IPCC)

En esta sección se calculan las emisiones de gases de efecto invernadero que resultan de la producción de diversos compuestos químicos inorgánicos y orgánicos, que contribuyen de manera significativa a los niveles de emisiones mundiales y nacionales.

Se ha incluido la industria petroquímica, ya que utiliza combustibles fósiles primarios (gas natural, petróleo, carbón) o productos de refinería de petróleo como materias primas de sus propios procesos⁶.

Es así que en este ítem se estiman las emisiones de gases de efecto invernadero provenientes de la producción de metanol, etileno y propileno, dicloruro de etileno, óxido de etileno y acrilonitrilo, así como de la producción de negro de humo. El negro de humo no es considerado en sí un producto petroquímico, pero en su proceso de producción se utilizan sustancias petroquímicas como alimentación. Las Directrices del IPCC 2006 consideran estos productos por su relevancia en las emisiones asociadas a estas industrias, dado los volúmenes de producción mundial. Sin embargo, se alienta a incluir otros productos relevantes para el sector analizado. En este inventario se incluyen además los siguientes productos de la industria petroquímica producidos en Santa Fe: anhídrido ftálico, cauchoestireno-butadieno, etileno, etilbenceno.

En la Tabla 20 se encuentran detalladas las emisiones asociadas a la producción petroquímica descrita en el párrafo anterior, para la Provincia de Santa Fe durante el año 2016. Además, se incluyen otras emisiones debidas a los Óxidos de Nitrógeno (NO_x, con x = 1 y 2) y los Compuestos Orgánicos Volátiles No-Metano (COVNM), las cuales no se incluyen en el balance de emisiones CO₂eq.

Al igual que en el Subsector de Industrias de Metales, no se incluyen las emisiones asociadas al consumo o uso de energía (calor, electricidad, etc.) por parte de la Industria Petroquímica, lo que ya se encuentra estimado en el Sector Energía.

⁶En particular, en este inventario, no se han incluido las producciones de amoníaco, ácido nítrico, ácido adípico, caprolactama, glioxil, ácido glioxílico, carburo, dióxido de titanio, ceniza de sosa y clorodifluorometano, por no existir industrias de este tipo en la Provincia de Santa Fe, en el año 2016.

Tabla 20. Emisiones GEI y otras emisiones (NOx y Compuestos Orgánicos Volátiles No-Metano o COVNM) producidas por el Sector Industria Petroquímica en la Provincia de Santa Fe en el año 2016, por tipo de producto.

PRODUCTO	Emisiones GEI			Otras Emisiones	
	Emisiones de CO ₂ (ton)	Emisiones de CH ₄ (ton)	Emisiones (TnCO ₂ eq)	Emisiones de NO _x (ton)	Emisiones COVNM (ton)
Metanol	14 437,50	86,25	16 248,75	N/A	N/A
Etileno	50 593,13	117,00	53 050,13	1,56	54,6
Anhídridoftálico	N/A	N/A	N/A	N/A	78,75
Cauchoestireno - butadieno	N/A	N/A	N/A	N/A	117,45
Estireno	N/A	480,00	10 080,00	N/A	2 160,00
TOTALES	65 030,63	65 030,63	683,25	1,56	2 410,80

En conclusión, la Industria Petroquímica y de Negro de Humo en la Provincia de Santa Fe, emitió 79 379 TnCO₂eq durante el año 2016. Desagregándolas por cada sustancia química, la Figura 17 muestra los pesos porcentuales por productos correspondiendo a Etileno la mayor proporción (66,8 %), siguiéndolo Metanol (20,5 %) y luego Estireno (12,7 %).

Industria petroquímica y de negro de humo - Porcentajes de emisiones CO₂eq por sustancia química

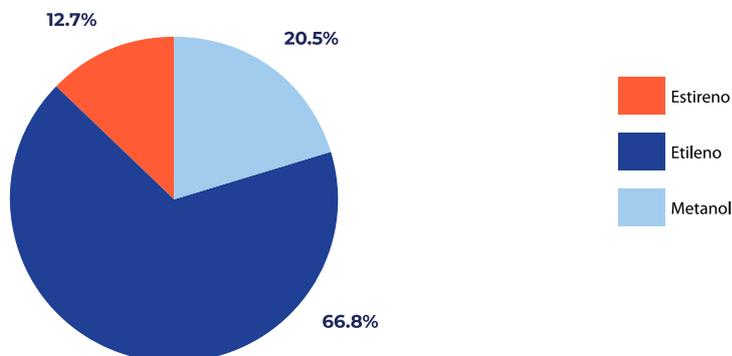


Figura 17. Contribución relativa porcentual a la Industria petroquímica y de negro de humo, de distintas sustancias químicas.

2.5.3 Industria de los minerales (Categoría 2.A del IPCC)

Este Subsector incluye las emisiones de CO₂equivalente provenientes de procesos que utilizan materias primas carbonatadas para la elaboración de productos minerales industriales. La principal vía de liberación de CO₂ es la calcinación de los compuestos carbonatados, durante la cual se forma óxido metálico mediante la aplicación de calor, según la reacción: $\text{CaCO}_3 + \text{calor} \rightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2$.

Generalmente en este Subsector se encuentran las emisiones asociadas a tres tipos de industrias (dado su mayor contribución a las emisiones mundiales), la producción de cemento, la de cal y la de vidrio.

Se incluye en el presente inventario, sólo la producción del vidrio, ya que en la Provincia de Santa Fe, en el año 2016 no ha habido producción de cemento y de cal.

La industria del vidrio puede dividirse en cuatro categorías principales: recipientes, vidrios planos (ventanas), fibras de vidrio y vidrios especiales. Las dos primeras representan la mayor cantidad del vidrio comercializado, el cual está compuesto de sílice (SiO₂), sosa (Na₂O) y cal (CaO), con pequeñas cantidades de alúmina (Al₂O₃), otros álcalis y tierras alcalinas.

Las principales materias primas del vidrio que emiten CO₂ durante el proceso de fundición son la piedra caliza (CaCO₃), la dolomita Ca,Mg(CO₃)₂ y la ceniza de sosa (Na₂CO₃). En la práctica, los fabricantes de vidrio utilizan también chatarra de vidrio reciclada, la cual proviene de la recuperación in situ de vidrios rotos en el proceso, o bien retenciones exteriores a la planta, proveniente de programas de reciclaje o recolección informal.

Tabla 21. Emisiones GEI producidas en la Provincia de Santa Fe en el año 2016, correspondiente al Subsector Industria de los Minerales.

Producto	Emisiones (TnCO ₂)	Emisiones (TnCH ₄)	Emisiones (TnCO ₂ eq)
Cemento	0,00	0,00	0,00
Cal	0,00	0,00	0,00
Vidrio	52,92	0,00	52,92
TOTAL	52,92	0,00	52,92

Las emisiones han sido calculadas en base a los datos aportados por 3 empresas que producían vidrio en la Provincia de Santa Fe, en el año 2016, dando esto una contribución de 52,92 toneladas de CO₂eq, la cual es muy pequeña, comparada con las otras industrias. Los resultados se observan en la Tabla 21.

3. Conclusiones

En base a los resultados presentados anteriormente, se obtienen las siguientes conclusiones:

- La Provincia de Santa Fe en el año 2016 emitió a la atmósfera 23,403 Millones de toneladas de CO₂eq, siendo las contribuciones de los distintos Sectores, las siguientes en orden decreciente (con sus respectivos porcentajes):*

11,537 Millones de toneladas de CO₂eq para el Sector Energía (49,3 %),

10,075 Millones de toneladas de CO₂eq para AFOLU (43 %),

1,211 Millones de toneladas de CO₂eq para Residuos (5,2 %) y

0,5795 Millones de toneladas de CO₂eq para Industria (2,5 %).
- Tal como se mencionó en la Introducción, es de gran importancia conocer detalladamente la contribución a las emisiones de gases de efecto invernadero total y por Sector, para de este modo poder diagramar acciones tendientes a sus reducciones.*



Referencias

- *Directrices del IPCC (Panel Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático), 2006 (disponible en <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/>).*
- *IPCC (Panel Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático). Informe del Grupo de Trabajo 1: "Cambio climático 2013: Bases físicas". Publicado por Cambridge University Press, 2013 (disponible en www.ipcc.ch).*
- *IPCC (Panel Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático). Informe especial sobre: "Global warming of 1.5 °C". Publicado por Cambridge University Press, 2018 (disponible en www.ipcc.ch).*
- *3ra Comunicación Nacional de la República Argentina a la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático. "Inventario de Gases de Efecto Invernadero de la República Argentina-Año 2012". Publicado en 2014 (disponible en <https://www.argentina.gob.ar/ambiente/sustentabilidad/cambioclimatico/comunicacionnacional/tercera>).*

Rosario, Junio de 2019

LESyC, IMAE, FCEIA, Universidad Nacional de Rosario
lesyc.imaie@gmail.com