
INVENTARIO DE EMISIONES DE GASES EFECTO INVERNADERO

ROSARIO - ARGENTINA
2023/2024
Bajo Protocolo GPC

Noviembre de 2025



Municipalidad de
Rosario

INVENTARIO DE EMISIONES DE GASES EFECTO INVERNADERO

ROSARIO - ARGENTINA
2023/2024
Bajo Protocolo GPC

Noviembre de 2025



Municipalidad de
Rosario

Índice

Resumen Ejecutivo	7
I. Introducción	9
Sistema de monitoreo del PLAC	10
II. Límite del inventario	12
Período de tiempo – Definición temporal del estudio	12
III. Nivel de reporte	13
IV. Sectores y subsectores	14
V. Alcances	15
VI. Claves de notación	16
VII. Metodologías de recolección y preparación de los datos	17
Fuente de información	17
Potenciales de calentamiento global (PCG) de GEI utilizados	19
VIII. Resultados	20
Resultados año 2023	20
Resultados año 2024	22
Tendencia	24
IX. Resultados parciales por sector	27
Sector Energía Estacionaria	27
Datos de actividad	28
Factores de Emisión	30
Sector Transporte	36
Datos de actividad	38
Factores de Emisión	40
Sector Residuos	43
Datos de actividad	45
Metodología	45
Sector Procesos Industriales y Uso de Productos	47
Sector Agricultura, Silvicultura y otros usos de suelo	48
Ganadería	49
Suelo	50
Cambios en las existencias de carbono en la biomasa (biomasa aérea y subterránea)	50
Cambios en las existencias de carbono de los suelos	55
Otras fuentes agregadas	59
Glosario	63
Anexo I	64
Autoridades, sistematización y elaboración del reporte	69
Agradecimientos	71

Resumen Ejecutivo

Rosario presenta el quinto informe del Inventario de Gases de Efecto Invernadero de la ciudad de Rosario, que incorpora los años 2023 y 2024 y consolida una serie histórica de diez inventarios (2014–2024). La continuidad anual del reporte, realizada con equipos técnicos municipales y bajo lineamientos metodológicos consistentes, robustece la capacidad institucional, asegura comparabilidad interanual y refuerza la transparencia y trazabilidad de los datos que sustentan la gestión climática local.

En términos de resultados, se verifica una leve disminución tanto en las emisiones totales como en las emisiones per cápita. Entre 2023 y 2024, el total reportado en nivel Básico pasó de 3.047.906 tCO₂e a 2.910.649 tCO₂e, lo que implica una variación aproximada de -4.5%. Esta tendencia se observa en un contexto de estabilidad de los principales datos de actividad y se explica, en buena medida, por la reducción del factor de emisión de la red eléctrica nacional. La estructura sectorial se mantiene consistente con años previos: en 2023 la participación fue Energía 43%, Transporte 36% y Residuos 21%; mientras que en 2024 fue Energía 45%, Transporte 33% y Residuos 22%, confirmando a energía como la principal fuente de emisiones, seguida por transporte y luego residuos. En el nivel Básico+ se incluye el sector AFOLU, que registra un balance neto de remociones de -17.084 tCO₂e en 2023 y -17.139 tCO₂e en 2024.

En el plano de la gobernanza, el Plan Local de Acción Climática Rosario 2030¹ (PLAC) es-

tablece una meta de reducción del 23% para 2030, desagregada en 4% para Energía, 7% para Transporte y 12% para Residuos. Para acompañar estos lineamientos se consolidaron el Gabinete Local de Cambio Climático² y el Comité Asesor frente al Cambio Climático³, ámbitos que fortalecen la transversalidad de la acción climática y la construcción colectiva de estrategias, asegurando que la información del inventario dialogue con la realidad operativa de la ciudad.

Como resultado de estos espacios de coordinación se priorizaron acciones del PLAC y se avanzó en un Sistema de Monitoreo⁴ que organiza las principales medidas por ejes y reúne la información necesaria para su seguimiento. Hacia adelante, se prevé continuar fortaleciendo el Sistema de Monitoreo, Reporte y Verificación (MRV) para profundizar el análisis del desempeño de las medidas, mejorar la calidad de datos y mantener la comparabilidad temporal de la serie.

En suma, el inventario 2023–2024 aporta una base técnica sólida, ya que se elaboró siguiendo la metodología del GHG Protocol en su nivel Básico+, lo que garantiza el uso de la mejor ciencia y estándares disponibles. Esto permite realizar un seguimiento sistemático y comparable de las principales fuentes emisoras de Rosario, contribuyendo a una comprensión más precisa de sus tendencias y a una comunicación pública transparente de los resultados. De esta manera, el inventario no se concibe como un fin en sí mismo, sino como un insumo riguroso y estratégico para el ciclo de política climática.

¹Rosario. (2020). Plan Local de Acción Climática. Sitio web municipal: <https://www.rosario.gob.ar/inicio/plan-local-de-accion-climatica-rosario-2030>

² Rosario (2022). Gabinete Local de Cambio Climático. Sitio web municipal: <https://www.rosario.gob.ar/inicio/plan-local-de-accion-climatica-rosario-2030#:~:text=Gabinete%20Local%20de%20Cambio%20Clim%C3%A1tico,Clim%C3%A1tico%20y%20Transici%C3%B3n%20Ecol%C3%B3gica%20Justa>

³Rosario (2022). Comité Asesor frente al Cambio Climático. Sitio web municipal: <https://www.rosario.gob.ar/inicio/archivos/reglamento-interno-del-comite-asesor-frente-al-cambio-climatico.pdf>

⁴Rosario (2023). Sistema de Monitoreo. Sitio web municipal: Sitio web municipal: <https://www.rosario.gob.ar/inicio/sistema-de-monitoreo-del-plan-local-de-accion-climatica>

I. Introducción

El inventario de gases de efecto invernadero (GEI) de una ciudad es un reporte que contabiliza las emisiones de estos gases liberados a la atmósfera, tanto dentro como fuera de los límites de la misma, como consecuencia de la actividad humana que ocurre dentro de los bordes de la localidad, durante un período de tiempo determinado, en general un año calendario.

El inventario es una herramienta para la gestión climática, ya que brinda información de los sectores, subsectores, fuentes y actividades responsables de las mismas, que constituyen un insumo fundamental para definir estrategias, políticas y planes de acción climática y evaluar el progreso de las misma a lo largo del tiempo.

En esta oportunidad, el presente informe incorpora los resultados correspondientes a los inventarios de GEI de los años 2023 y 2024 para la ciudad de Rosario, fortaleciendo el seguimiento y actualización continua de la información climática local.

El proceso de elaboración de los inventarios de GEI a partir del año 2016 (tomando como base el año 2014) y siguientes inventarios, se ha ido profundizando desde la Secretaría de Ambiente y Espacio Público, y bajo la responsabilidad de la Dirección General de Acción Climática y Calidad Ambiental, y la Subsecretaría de Cambio Climático y Transición Ecológica Justa^{5,6}.

El trabajo se llevó adelante siguiendo el marco de reporte provisto por el Protocolo Global para Inventarios de Emisión de Gases de Efecto Invernadero a Escala Comunitaria (*Global Protocol for Community-Scale Greenhouse Gas Emission Inventories*, GPC⁷), el cual ofrece a las ciudades y los gobiernos locales una estructu-

ra transparente y globalmente aceptada para sistemáticamente identificar, calcular y reportar sobre los gases de efecto invernadero en las ciudades. Este GPC fue desarrollado por el *World Resources Institute* (WRI), *C40 Cities Climate Leadership Group* (C40), y por el ICLEI - *Local Governments for Sustainability*, y oficialmente lanzado en diciembre de 2014 en la COP20 de Lima. Se basa en los principios de relevancia, completitud, consistencia, transparencia y precisión, a los cuales se les adiciona el concepto fundamental de "comparación" (por el término *comparability*, en inglés), que refiere a la posibilidad de comparar el inventario y cada uno de los componentes (sectores, subsectores, emisiones de los diferentes GEIs, entre otros) con inventarios de ciudades desarrollados en otras partes del mundo. Además del marco GPC, se siguieron las Directrices del IPCC de 2006 para inventarios de GEI, así como su Perfeccionamiento de 2019⁸, garantizando coherencia con los estándares internacionales más actualizados en materia de contabilidad de emisiones.

Estas actuaciones marcaron el punto de partida para la orientación de las acciones y medidas de mitigación de las emisiones de gases de efecto invernadero del Plan Local de Acción Climática Rosario 2030 (PLAC), presentado en el año 2020. El plan surge como un instrumento que identifica, evalúa, prioriza y define las medidas de adaptación y mitigación, contiene metas y compromisos de reducción de emisiones, y del aumento de la resiliencia orientando así el desarrollo sustentable de Rosario hacia un modelo bajo en carbono. En el año 2022 se realizó una revisión de los ejes, directrices, metas,

⁵ La nueva denominación de la subsecretaría en el año 2022, evidencia que el cambio climático es un tópico transversal y sistémico que afecta la agenda ambiental y climática en la ciudad.

⁶ <https://www.ramcc.net>

⁷ <https://ghgprotocol.org>

⁸ 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Disponible en: <https://www.ipcc.ch/report/2019-refinement-to-the-2006-ipcc-guidelines-for-national-greenhouse-gas-inventories/>

iniciativas, medidas y acciones que componen el PLAC, conforme a la información actualizada y a la que brindaron otras áreas municipales e instituciones públicas y privadas. Asimismo, se revisó el PLAC a fin de poner al día los datos y metas de acuerdo con la Contribución Determinada a nivel Nacional (NDC, por sus siglas en inglés), bajo el Acuerdo de París, y el Plan Nacional de Adaptación y Mitigación al Cambio Climático 2030, y se reestructuraron la composición de los ejes, conforme a la estructura metodológica del PLAC, se sumaron priorización de las acciones, indicadores y metas⁹.

En este contexto, es importante destacar que la ciudad está adherida al Pacto Mundial de Alcaldes por el Clima y la Energía (*"Global Covenant of Mayors for Climate & Energy"*), iniciativa que busca trabajar en cooperación entre las ciudades para afrontar el desafío del cambio climático a fin de reducir sus impactos y facilitando el acceso a energías sostenibles y asequibles. Dicha adhesión contempla algunos requerimientos bajo estándares internacionales, los cuales se agrupan en cuatro fases: compromiso, medición, definición de objetivos y plan de acción. En ese sentido, Rosario ha ido desarrollando un rol proactivo respecto a la mitigación y puesta en marcha de medidas y políticas, que incorporan progresivamente la dimensión climática, elaborando los inventarios de gases de efecto invernadero, formulando el plan local de acción climática, etc.

La Municipalidad de Rosario asumió entonces, entre otros desafíos, el compromiso de realizar sus inventarios con el nivel Básico según el GPC. Cabe destacar que la ciudad de Rosario supera este compromiso reportando su inventario Básico¹⁰ el cual contempla la estimación de una mayor cantidad de fuentes y sumideros de GEI.

A partir del año 2018, el gobierno municipal logró que la ciudad ingrese en la Plataforma CDP - *Carbon Disclosure Project*¹⁰, organización internacional que opera un sistema global de información ambiental para inversores, empresas, ciudades, estados y regiones. En este escenario, Rosario ha recibido la puntuación A, la

calificación más alta para la acción climática, por la respuesta de 2021. Para ello, es necesario disponer de un inventario de emisiones de carbono, y divulgar un conjunto de actuaciones, intervenciones, proyecciones y datos ambientales comunicados en la Plataforma Unificada de Reporte CDP-ICLEI¹¹. Este listado, fue diseñado para estimular la acción climática y la implementación de medidas de mitigación y adaptación. En este marco, tanto la presentación de Rosario en este reporte ambiental como la actualización del inventario responden a un proceso de mejora continua de estos informes, de la calidad en la información y la verificación de los datos obtenidos.

De igual manera, los presentes inventarios fueron presentados y compartidos con los diversos espacios de gobernanza que desde el año 2022 están funcionando y que acompañan la sustentabilidad del proceso de planificación e implementación de la acción climática. A través de la gobernanza climática y la conformación del Gabinete Local de Cambio Climático (formado por el Intendente Municipal y las autoridades de las áreas del ejecutivo municipal) y el Gabinete Técnico de Cambio Climático (espacio representado por técnicos de las diferentes secretarías del Municipio), y el Comité Asesor frente al Cambio Climático (constituido por organismos e instituciones de carácter público y privado que demuestran interés en los asuntos ambientales, con experiencia y trayectoria probada en temas climáticos) para la asistencia y asesoramiento al poder ejecutivo municipal para el cumplimiento de las metas del PLAC.

Sistema de monitoreo del PLAC

Es una herramienta de comunicación, seguimiento y transparencia de las políticas climáticas. A partir de la reestructuración de los ejes y priorización de acciones del PLAC en el año 2023, se elaboraron fichas de monitoreo y seguimiento. Cada ficha contiene el eje y directriz sectorial que pertenece, la meta al año 2030 asociadas a las acciones en marcha, con una breve descripción que explica cada acción, un

⁹ La priorización de las acciones se realizó bajo una serie de criterios que incluía: la factibilidad de su concreción, la información disponible y la competencia municipal para su liderazgo.

¹⁰ <https://www.cdp.net/es/>

¹¹ <https://www.cdp.net/en/cities/cities-scores>

índicador de seguimiento que refleja el estado de avance de la meta propuesta, entre otros¹². En los casos de los ejes de mitigación, las fichas contienen el impacto en la reducción de emisiones, cuantitativamente y de cuántas se van a reducir al año 2030. En ese sentido, y con el fin de priorizar las acciones de mitigación a trabajar en corto plazo, se desarrolló la cuantificación de las reducciones de emisiones mencionado, y se incluyeron a su vez, consideraciones sobre su impacto en el inventario, en cuanto a las competencias municipales y la posibilidad de concreción de dicha acción, ya sea en el caso de que se encuentre en marcha o si existen otras propuestas similares. Se trata de favorecer un proceso de transparencia de la acción hacia el desarrollo de un Sistema de Medición, Reporte y Verificación (MRV).

¹² <https://www.rosario.gob.ar/inicio/sistema-de-monitoreo-del-plan-local-de-accion-climatica>

II. Límite del Inventario

Para la elaboración de un inventario de gases de efecto invernadero se debe definir en primer lugar el límite del reporte, identificando los siguientes aspectos: Área geográfica, período de tiempo, gases de efecto invernadero y fuentes de emisión cubiertas por el inventario.

Período de tiempo – Definición temporal del estudio

El presente documento contempla el cálculo de las emisiones de gas de efecto invernadero para los años 2023 y 2024. Este nuevo informe se desarrolló considerando las emisiones producto de las actividades en este territorio du-

rante dos años calendario, las cuales fueron estudiadas por separado. El primero corresponde al año calendario que abarca del 01/01/2023 al 31/12/2023, mientras que el segundo comprende del 01/01/2024 al 31/12/2024.

Es importante señalar que la ciudad de Rosario está ubicada en la zona sur de la provincia de Santa Fe, República Argentina, y se encuentra en una posición geoestratégica en relación al Mercosur, en el extremo sur del continente americano. Es cabecera del Departamento homónimo, es el centro del Área Metropolitana Rosario y se sitúa a 300 km de la ciudad de Buenos Aires.

Límite del inventario	Información de la ciudad
Nombre de la ciudad	Nombre de la ciudad
País	Argentina
Año del inventario	2023 - 2024
Límite geográfico	Este: Río Paraná Norte: Las localidades de Granadero Baigorria e Ibarlucea Oeste: Las localidades de Funes y Pérez Sur: Las localidades de Soldini, Piñeiro y Villa Gobernador Gálvez.
Área (Km2)	178,69 / 120,37 (superficie urbanizada)
Población residente ¹³	Estimación 2023: 1.035.941 Estimación 2024: 1.040.837 52,8% Mujeres 47,2% Hombres
PBI	13.906.649.497 U\$D
Clima	Templado pampeano
Otra información	Latitud: Paralelo 32° 52' 18" Sur y 33° 02' 22" Sur. Longitud: Meridiano 60° 36' 44" Oeste y 60° 47' 46" Oeste. Altitud sobre el nivel del mar: Oscila entre los 22,5 y 24,6.

¹³ Proyecciones de población Rosario: <https://datos.rosario.gob.ar/poblacion/proyecciones-de-poblacion>

Tabla 1: Límite Inventario Fuente: Elaboración propia en base a datos de la Municipalidad de Rosario, año 2025.

III. Nivel de reporte

Para los años 2023 y 2024 se han considerado las emisiones y absorciones de GEI manteniendo el nivel de reporte BÁSICO+, en línea con los inventarios 2021 y 2022. Este nivel permite una cuantificación más amplia e integral de las emisiones que el nivel BÁSICO al incluir sectores y

actividades adicionales como los agrupados en AFOLU (Agricultura, Silvicultura y Otros Usos del Suelo) y los correspondientes a los Procesos Industriales y el Uso de Productos (IPPU, por sus siglas en inglés)..

Las fuentes de emisión y alcances incluidas en los totales de BÁSICO corresponden a:

- Todas las emisiones de alcance 1 de fuentes de Energía estacionaria (excluyendo la producción de energía suministrada a la red, que deben reportarse en el total de alcance 1).
- Todas las emisiones de alcance 1 provenientes de fuentes de Transporte.
- Todas las emisiones de alcance 1 provenientes de fuentes de Residuos
- Todas las emisiones de alcance 2 provenientes de fuentes de Energía estacionaria y Transporte.
- Emisiones de alcance 3 provenientes del tratamiento de los residuos exportados.

En cuanto a los totales de BÁSICO+, incluyen todas las fuentes de BÁSICO, y además:

- Todas las emisiones de alcance 1 provenientes de IPPU.
- Todas las emisiones de alcance 1 provenientes de AFOLU.
- Emisiones de alcance 3 provenientes de fuentes de Energía estacionaria (solo las pérdidas de transmisión y distribución), y provenientes de Transporte.

IV. Sectores y subsectores

De acuerdo al nivel de reporte seleccionado se aplicó el Protocolo Global de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero para la Escala Local

(GPC), siendo los sectores y subsectores a tener en cuenta a la hora de recopilar información, los que se presentan en la siguiente tabla:

Sector	Subsector
Energía estacionaria	Edificios residenciales Edificios e instalaciones comerciales e institucionales Industrias de manufactura y construcción Industrias de energía Actividades de agricultura, silvicultura y pesca Fuentes no especificadas
Transporte	Transporte en carretera Ferrocarriles Navegación Aviación Transporte fuera de carretera
Residuos	Disposición de residuos sólidos Tratamiento biológico de residuos Tratamiento de Residuos Peligrosos y Patológicos Tratamiento y descarga de aguas residuales
IPPU	Emisiones dentro de los límites del municipio de los procesos industriales. Emisiones dentro de los límites del municipio del uso de productos.
AFOLU	Emisiones de ganadería dentro de los límites del municipio Emisiones del uso del suelo dentro de los límites del municipio Emisiones de fuentes agregadas y fuentes de emisión no CO ₂ en la tierra dentro de los límites del municipio

Tabla 2: Sectores y subsectores utilizados en el presente informe. Fuente: Protocolo Global para Inventarios de Emisión de Gases de Efecto Invernadero a Escala

V. Alcances

Las actividades que se producen dentro y fuera de los límites de una ciudad pueden generar emisiones de GEI. El GPC reúne las emisiones en tres categorías en función del lugar donde ocurren: emisiones de alcance 1, alcance 2 o alcance 3. Las definiciones de dichos alcances son las siguientes:

Alcance 1. Emisiones de GEI provenientes de fuentes situadas dentro de los límites de la ciudad.

Alcance 2. Emisiones de GEI que se producen como consecuencia de la utilización de energía,

calor, vapor y/o enfriamiento suministrados en red dentro de los límites de la ciudad.

Alcance 3. El resto de las emisiones de GEI que se producen fuera de los límites de la ciudad, como resultado de las actividades que tienen lugar dentro de los límites de la ciudad.

A continuación, la figura 1 ilustra cuáles son las fuentes de emisión que ocurren dentro y fuera de los límites geográficos determinados en el inventario, y cuáles pueden producirse a lo largo del límite geográfico:

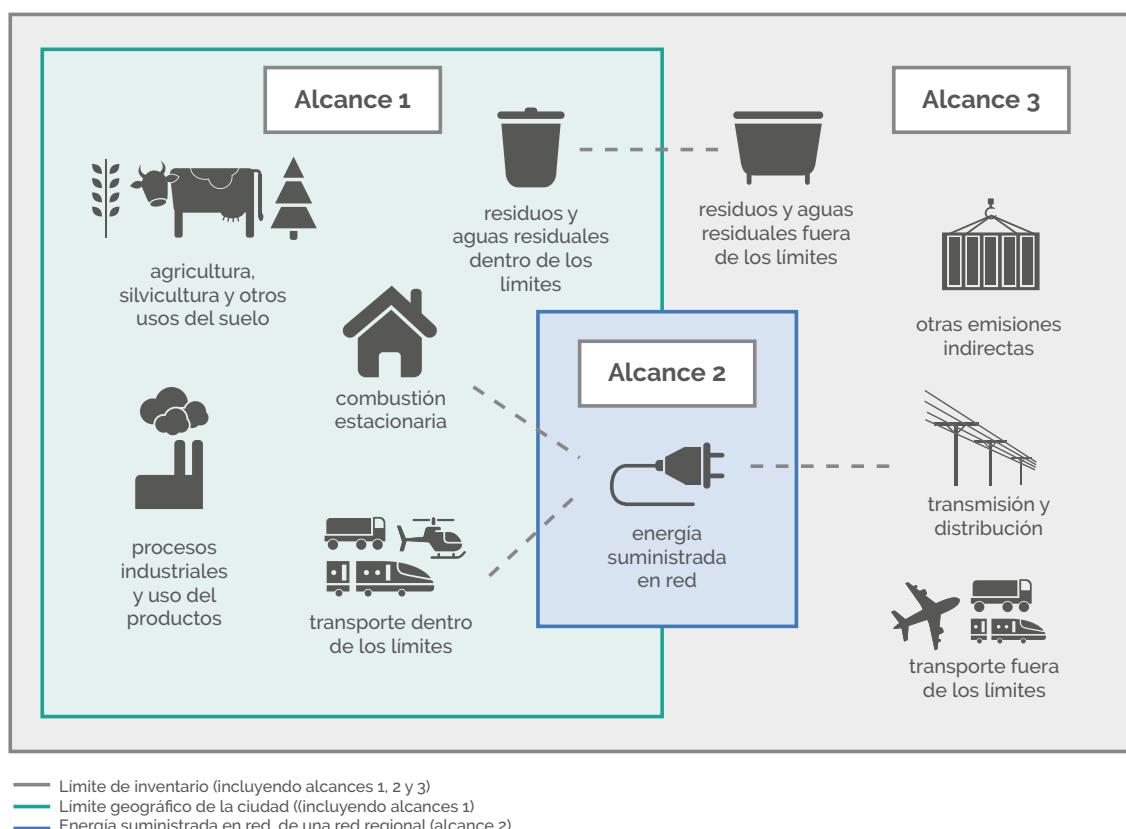


Figura 1: Actividades según sus Alcances. Fuente: Protocolo Global para Inventarios de Emisión de Gases de Efecto Invernadero a Escala Comunitaria.

VI. Claves de notación

La recolección de datos es una etapa primordial en el desarrollo del inventario de GEI. Los datos pueden provenir de una variedad de fuentes y variar, asimismo, en cuanto a la calidad, el formato, y la completitud. Con este escenario de base, es posible que existan casos donde los datos no se encuentren disponibles, o estén ausentes o incompletos. Para ello, se usan las claves de notación, ya que se hace necesario la adaptación de dichos datos para los propósitos del informe.

La utilización de las claves de notación permite ajustar estas limitaciones que suelen presentarse en el proceso de recolección de datos para el informe del GPC, siguiendo así las recomendaciones de las guías del IPCC. Cuando las claves de notación son usadas, las ciudades deben incluir una explicación que justifique exclusiones¹⁴ o inclusiones parciales.

En la tabla 3 se presenta la definición para las claves de notación utilizadas en el presente inventario, sobre el origen de la información:

Clave de Notación	Subsector	
IE	<i>Included elsewhere</i> Incluido en otra parte	Las emisiones de GEI de esta actividad están estimadas y presentadas en otra categoría del inventario. Esa categoría debe ser especificada en la explicación
NE	<i>Not estimated</i> No estimado	Las emisiones ocurren pero no han sido estimadas o reportadas; es necesario dar una justificación por la exclusión.
NO	<i>Not occurring</i> No ocurren	Una actividad o proceso que no ocurre o existe dentro de la ciudad.
C	<i>Confidential</i> Confidencial	Emisiones de GEI que pueden resultar en la divulgación de información confidencial y no pueden ser reportadas.

Tabla 3: Definición de las claves de notación. Fuente: Protocolo Global para Inventarios de Emisión de Gases de Efecto Invernadero a Escala Comunitaria.

¹⁴ Las claves de notación son una forma estandarizada de mostrar que los datos no han sido reportados y explicar por qué no se ha hecho.

VII. Metodologías de recolección y preparación de los datos

Las metodologías de cálculo de emisiones de GEI definen las fórmulas, los datos de la actividad y los factores de emisión necesarios para cuantificarlas, así también como aquellas emisiones procedentes de actividades específicas.

Bajo el marco del GPC, todas las metodologías utilizadas para la actualización de los inventarios de GEI de la ciudad de Rosario son consistentes con las directrices del IPCC del año 2006 y su Perfeccionamiento del año 2019, para los inventarios nacionales de GEI. Asimismo, dichas metodologías fueron seleccionadas en base a su adecuación al propósito de este inventario, la disponibilidad de datos y la coherencia con el último inventario nacional de GEI de Argentina.

De modo genérico, las emisiones de GEI de las actividades se estiman como: Emisiones de GEI = Datos de la actividad x Factor de Emisión de GEI

Los datos de la actividad representan una medida cuantitativa de un nivel de actividad que ocurre durante un determinado período de tiempo (para este reporte un año calendario), y que como resultado produce emisiones de GEI. Por ejemplo, la energía eléctrica consumida en el sector residencial, el volumen de combustible despachado para el sector ferroviario, y las toneladas de residuos sólidos urbanos enviados a relleno sanitario.

Cabe señalar que, un factor de emisión de GEI es una medida de masa de las emisiones de GEI relativas a una unidad de la actividad. Por ejemplo, el factor de emisión de CO₂ producto de la combustión de nafta se puede expresar en Kg / m³ o J de nafta consumida.

Fuente de información

El proceso de recopilación de los datos de actividad es una parte sobresaliente para la elaboración del inventario, ya que la calidad de la información recabada determinó medularmente la confiabilidad y precisión de las emisiones de GEI reportadas.

Se ha confeccionado este reporte a partir de los datos e informes estadísticos de cada actividad, y para la búsqueda de esta información se procuró realizarla de la forma más directa posible. En los casos en que no se pudo acceder a la información directa de la actividad, y a fin de dar cumplimiento de la completitud del GPC, fueron utilizadas las mejores estimaciones posibles en base a las referencias, la información disponible y a los factores de ajuste ("proxy") de dicha actividad.

Los datos de actividad fueron obtenidos de diversas instituciones y organismos de los diferentes niveles de gobierno así como de empresas, las cuales figuran a continuación por sector y subsector de emisiones de GEI y fuente energética.

Sector y Subsector de Emisión GEI	Fuente de información		
	Gas Natural	Electricidad	Otros Combustibles
ENERGÍA ESTACIONARIA			
Edificios Residenciales	Litoral Gas	Empresa Provincial de la Energía Santa Fe	Secretaría de Energía de Nación
Edificios e instalaciones comerciales e institucionales			
Industrias manufactureras y construcción			

Sector y Subsector de Emisión GEI	Fuente de información				
ENERGÍA ESTACIONARIA	Gas Natural	Electricidad	Otros Combustibles		
Industrias de la energía	Litoral Gas	Empresa Provincial de la Energía Santa Fe	Secretaría de Energía de Nación		
Rural					
Alumbrado Público					
Otras fuentes no especificadas					
TRANSPORTE	Gas Natural	Electricidad	Otros Combustibles		
Transporte por carretera	Secretaría de Energía de la Nación	Ente de la Movilidad de Rosario	Secretaría de Energía de Nación / Ente de la Movilidad Rosario		
Ferroviario	No aplica	No aplica			
Navegación fluvial					
Aviación					
RESIDUOS					
Tratamiento y vertido de aguas residuales	ENRESS (Ente Regulador de Servicios Sanitarios)/ Dirección General de Estadística de la Municipalidad de Rosario (CENSO 2022)				
Disposición de residuos sólidos generados en la ciudad	Municipalidad de Rosario				
Tratamiento biológicos de residuos generados en la ciudad					
Tratamiento de residuos patológicos y especiales					
PROCESOS INDUSTRIALES Y USO DE PRODUCTOS (IPPU)					
Emisiones dentro de los límites del municipio de los procesos industriales.	Municipalidad de Rosario				
Emisiones dentro de los límites del municipio del uso de productos.	Municipalidad de Rosario				

AFOLU	
Emisiones de ganadería dentro de los límites del municipio.	Municipalidad de Rosario
Emisiones del uso del suelo dentro de los límites del municipio.	Municipalidad de Rosario
Emisiones de fuentes agregadas y fuentes de emisión no CO ₂ en la tierra dentro de los límites del municipio	Municipalidad de Rosario

Tabla 4: Organismos recaudadores de información según sectores del Inventario. Fuente: Elaboración propia en base a datos de la Municipalidad de Rosario

Potenciales de calentamiento global (PCG) de GEI utilizados

Los Potenciales de Calentamiento Global (PCG) utilizados en este inventario corresponden a los valores establecidos en el Quinto Informe de Evaluación (AR5) del IPCC.

Nombre	Fórmula	Valores de PCG en el Quinto Informe de Evaluación del IPCC (CO ₂ eq)
Dióxido de Carbono	CO ₂	1
Metano	CH ₄	28
Óxido Nitroso	N ₂ O	265

Tabla 5: Potencial de calentamiento global (PCG) de GEI, para un horizonte de 100 años¹⁵. Fuente: GPC.

¹⁵ Protocolo Global para Inventarios de Emisión de Gases de Efecto Invernadero a Escala Comunitaria, pág. 51.

VIII. Resultados

Esta sección del documento presenta los resultados de los inventarios de 2023 y 2024.

Todos los valores reportados en el siguiente apartado son respecto de las emisiones que ocurrieron en el periodo de un año, y cada resultado ya está multiplicado por su potencial de calentamiento global, por lo que la unidad de reporte está expresado en toneladas de CO₂ equivalente (tCO₂e).

Resultados año 2023

La totalidad de emisiones para la ciudad de Rosario para el año 2023 fue de 3.187.977 toneladas de CO₂e.

Los resultados muestran que las emisiones totales en el año 2023 son 3.191.589 tCO₂e para el nivel BÁSICO+, y 3.047.906 tCO₂e para el nivel Básico, la diferencia en los cambios de nivel reportados es del 4,8%. Ello se debe principalmente a que el reporte BÁSICO+ incluye las emisiones derivadas de las pérdidas de transmisión y distribución en la red eléctrica, del sector AFOLU y por los viajes transfronterizos en el sector Transporte.

A continuación se puede observar los resultados por subsector del año 2023:

Nro. Ref GPC	Fuentes de gases de efecto invernadero	Total GEIs (toneladas CO ₂ e)					
		Inducido por la ciudad					
		Alcance 1	Alcance 2	Alcance 3	Básico	Básico+	Territorial
I	Energía	758.481	565.220	122.196	1.323.701	1.445.896	758.481
II	Transporte	1.074.017	450	38.571	1.074.467	1.113.038	1.076.581
III	Residuos	298.004		351.734	649.739	649.739	298.004
IV	Procesos industriales y uso de productos (IPPU)	-				NE	-
V	Agricultura, silvicultura y cambio en el uso del suelo (AFOLU)	-17.084				-17.084	-17.084
TOTAL		2.113.418	565.670	512.501	3.047.906	3.191.589	2.113.418

Tabla 6: Resumen de resultados, año 2023. Fuente: Elaboración propia en base a datos de la Municipalidad de Rosario.

En el Gráfico 1 se puede apreciar la participación de cada sector en el nivel Básico en 2023 (en toneladas de CO₂e). El sector de la energía estacio-

naria fue el que más contribuyó con un 43%, el transporte con un 36% y los residuos con un 21%.

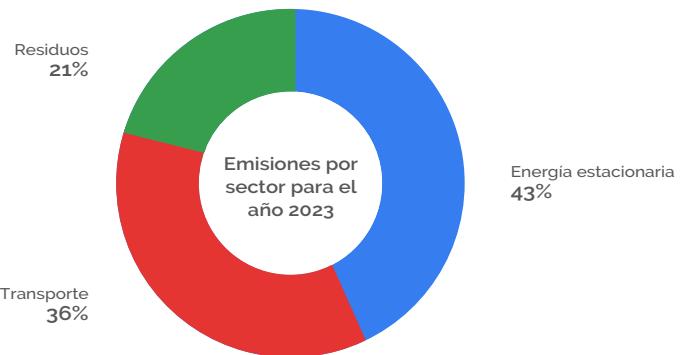


Gráfico 1: Distribución de las emisiones por sector para el año 2023. Fuente: Elaboración propia en base a datos de la Municipalidad de Rosario.

En el gráfico 2 se pueden ver las toneladas de CO₂e por cada sector del inventario para nivel Básico+, donde el porcentaje de emisiones energía estacionaria representa el 45,84%, Transporte

34,52%, Residuos 20,15% y por último, el sector de AFOLU, que contempla una absorción del 0,52%, por esta razón está representado con un signo negativo.

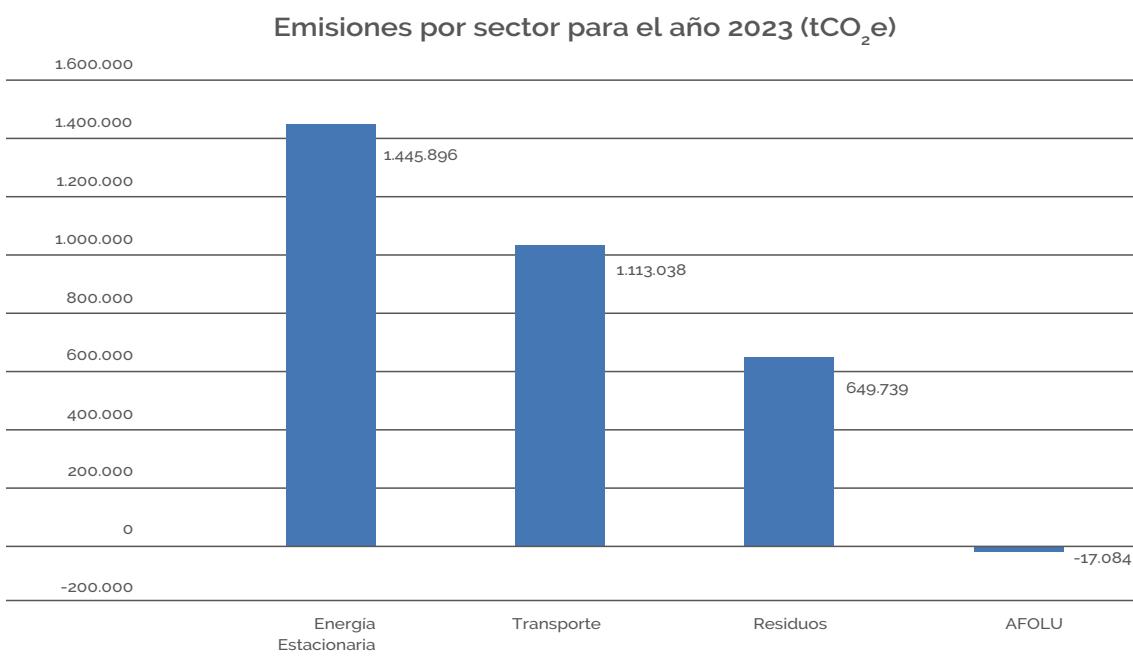


Gráfico 2: tCO₂ equivalentes por sector Nivel Básico para el año 2023. Fuente: Elaboración propia en base a datos de la Municipalidad de Rosario.

Si se efectúa una comparación de las emisiones obtenidas por alcance, resulta que 2.115.982 tCO₂e tienen su origen en fuentes localizadas dentro del límite de Rosario (Alcance 1), y que unas 562.058 tCO₂e se producen como consecuencia de la energía suministrada en la red dentro de

los límites de la ciudad (Alcance 2); mientras que 509.937 tCO₂e (Alcance 3) se emiten fuera de los límites de la misma como consecuencia de actividades que tienen lugar dentro de dichos límites. Estos valores se pueden distinguir en el siguiente gráfico sobre las emisiones por alcance:

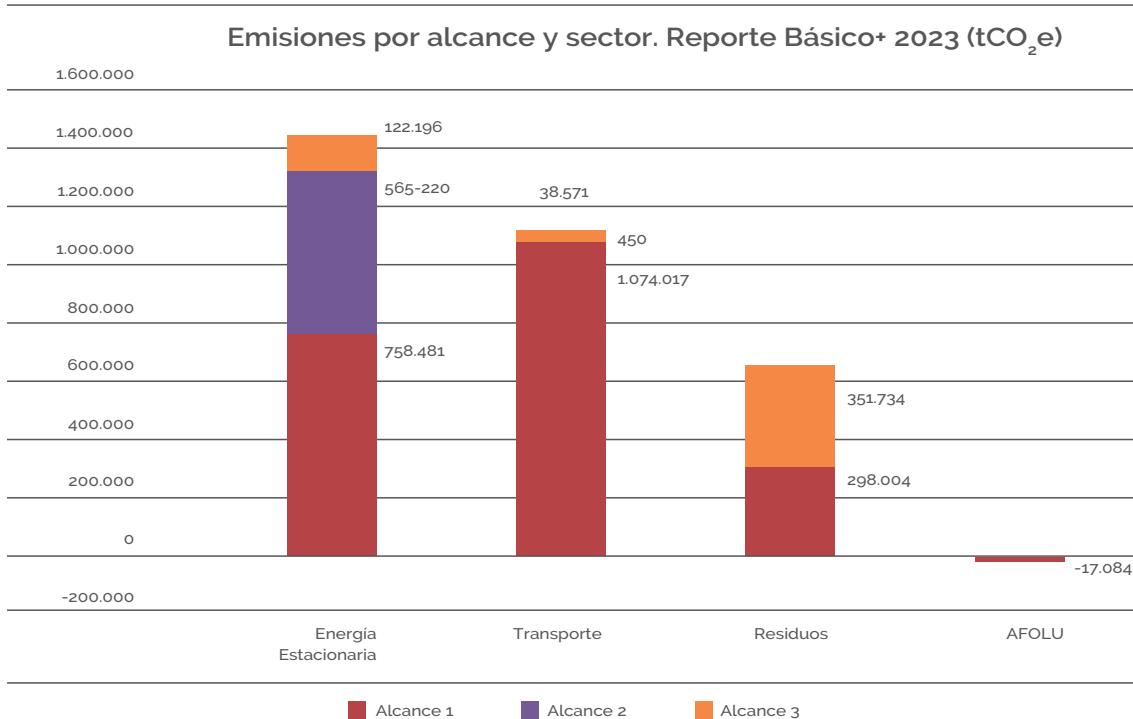


Gráfico 3: Emisiones por alcance en tCO₂e para el año 2023. Fuente: Elaboración propia en base a datos de la Municipalidad de Rosario.

En términos porcentuales, de acuerdo el gráfico anterior, la participación de los alcances en las emisiones de CO₂e se distribuye de la siguiente manera:

- Alcance 1: 66,37%
- Alcance 2: 17,63%
- Alcance 3: 15,99%.

Resultados año 2024

Todos los valores reportados en el siguiente apartado son respecto de las emisiones que ocurrieron en el periodo de un año y cada resultado ya

está multiplicado por su potencial de calentamiento global, por lo que la unidad de reporte está expresado en toneladas de CO₂ equivalente (tCO₂e), para el año 2024.

Las emisiones totales son 2.910.649 tCO₂e para el nivel Básico y 3.030.726 tCO₂e para el nivel Básico+. La diferencia de emisiones es del 4,3% y aplican las mismas consideraciones que para el año 2023.

A continuación se puede ver los resultados por subsector del año 2024:

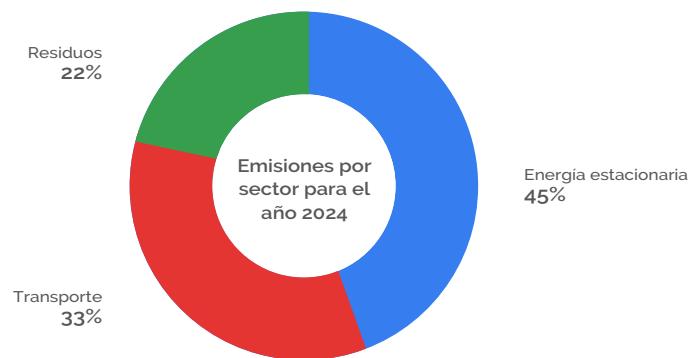
Nro. Ref GPC	Fuentes de gases de efecto invernadero	Total GEIs (toneladas CO ₂ e)					
		Inducido por la ciudad					
		Alcance 1	Alcance 2	Alcance 3	Básico	Básico+	Territorial
I	Energía	771.684	536.317	110.503	1.308.001	1.418.504	771.684
II	Transporte	952.635	380	26.713	953.015	979.728	952.635
III	Residuos	292.613	-	357.020	649.633	649.633	292.613
IV	Procesos industriales y uso de productos (IPPU)	-	-	-	-	-	-

V	Agricultura, silvicultura y cambio en el uso del suelo (AFOLU)	-17.139				-17.139	-17.139
	TOTAL	1.999.793	536.698	494.235	2.910.649	3.030.726	1.999.793

Tabla 7: Resumen de resultados, año 2024. Fuente: Elaboración propia en base a datos de la Municipalidad de Rosario.

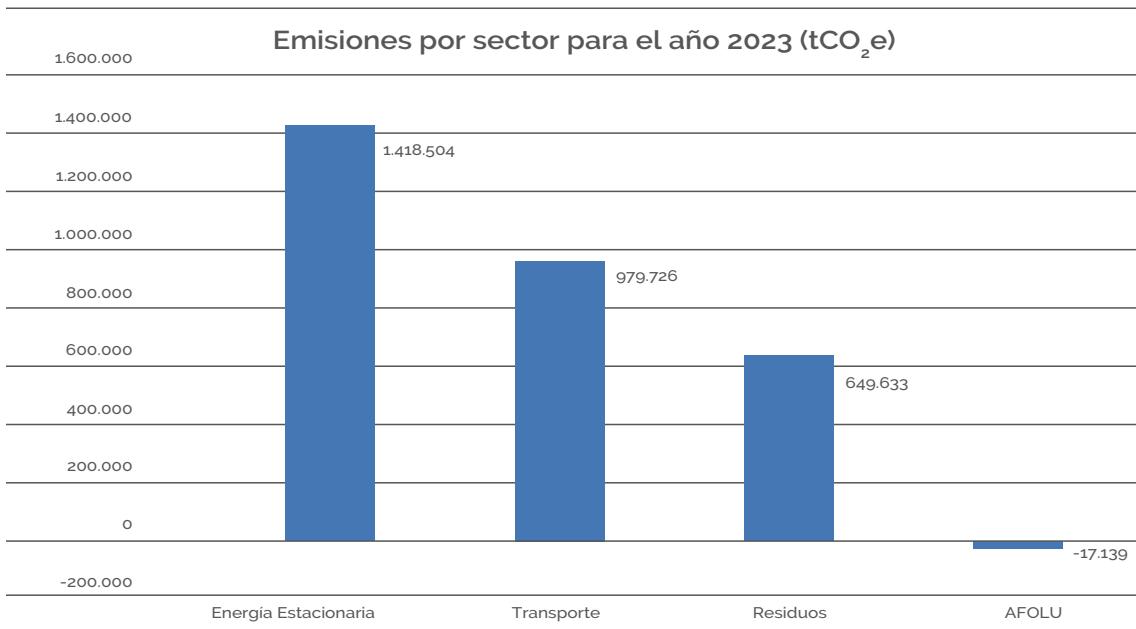
En el gráfico 4 se puede determinar la participación de cada sector en el nivel Básico en 2024 (expresado en toneladas de CO₂e). El sector de

la energía estacionaria fue el que más contribuyó con un 45%, el transporte con un 33% y los residuos con un 22%

Gráfico 4: tCO₂ equivalentes según proporción por sector para el año 2024. Fuente: Elaboración propia en base a datos de la Municipalidad de Rosario.

A continuación puede identificarse, en el Gráfico 5, las toneladas de CO₂e por cada sector del Inventario para nivel Básico+, donde el porcentaje de emisiones energía estacionaria representa el

47,40%, Transporte 31,96%, Residuos 21,19% y por último, el sector de AFOLU, que contempla una absorción del 0,55%, por eso está representado con un signo negativo:

Gráfico 5: tCO₂ equivalentes por sector Nivel Básico+ para el año 2024. Fuente: Elaboración propia en base a datos de la Municipalidad de Rosario.

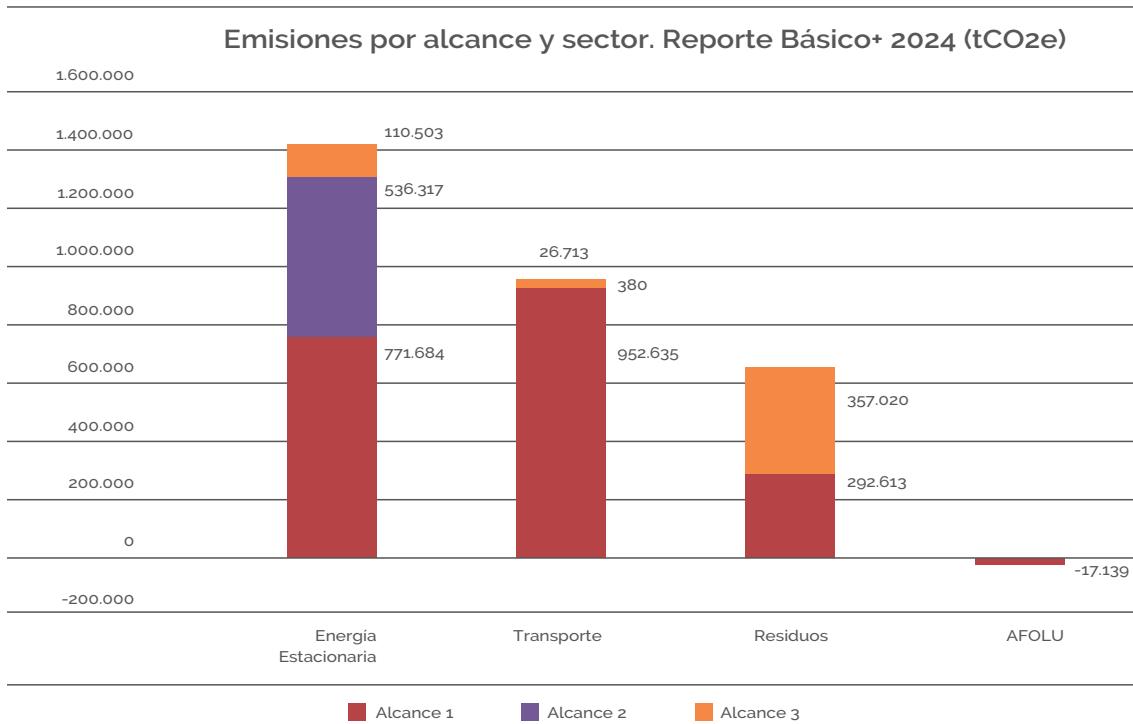


Gráfico 6: Emisiones por alcance en tCO₂e para el año 2024. Fuente: Elaboración propia en base a datos de la Municipalidad de Rosario.

En términos porcentuales, de acuerdo el gráfico anterior, la participación de los alcances en las emisiones de CO₂e se distribuye de la siguiente manera:

- Alcance 1: 66,06%
- Alcance 2: 17,61%
- Alcance 3: 16,32% de las mismas.

Tendencia

Ante la comparación de los inventarios de GEI de los años anteriores, se observa la tendencia mo-

derada a la baja en las emisiones por habitante, siendo estable los últimos años que pueden observarse en las siguientes tablas 8 y 9. Para poder comparar los resultados del inventario 2023 y 2024 con los años anteriores, fue preciso recalcular la serie histórica de los reportes de los años 2014-2024, siguiendo los lineamientos en la metodología descrita en este informe, donde se actualizaron factores de emisión y datos de la actividad. Es por ello que varían los inventarios presentados por la ciudad en el pasado.

Año	Emisiones per cápita (tCO ₂ e/habitante)	Año	Emisiones per cápita (tCO ₂ e/habitante)
2014	3,15	2021	3,14
2016	3,37	2022	3,17
2018	3,15	2023	2,94
2019	2,93	2024	2,79
2020	2,82		

Tabla 8: Emisiones en tCO₂e per cápita 2014-2024. Nivel Básico. Fuente: Elaboración propia en base a datos de la Municipalidad de Rosario.

Año	Energía (tCO ₂ e)	Transporte (tCO ₂ e)	Residuos (tCO ₂ e)	Totales (tCO ₂ e)
2014	1.635.775,75	1.040.127,95	417.328,39	3.093.232,09
2016	1.687.579,29	1.143.533,30	498.311,79	3.329.424,38
2018	1.405.654,77	1.177.727,87	554.296,02	3.137.678,65
2019	1.302.267,79	1.073.214,33	551.242,76	2.926.724,88
2020	1.355.529,07	803.574,34	558.559,43	2.717.662,84
2021	1.544.342,59	1.011.364,45	595.931,84	3.151.638,88
2022	1.532.771,54	1.049.542,42	609.335,85	3.191.649,81
2023	1.323.701	1.074.467	649.739	3.047.589
2024	1.308.001	953.015	649.633	2.910.649

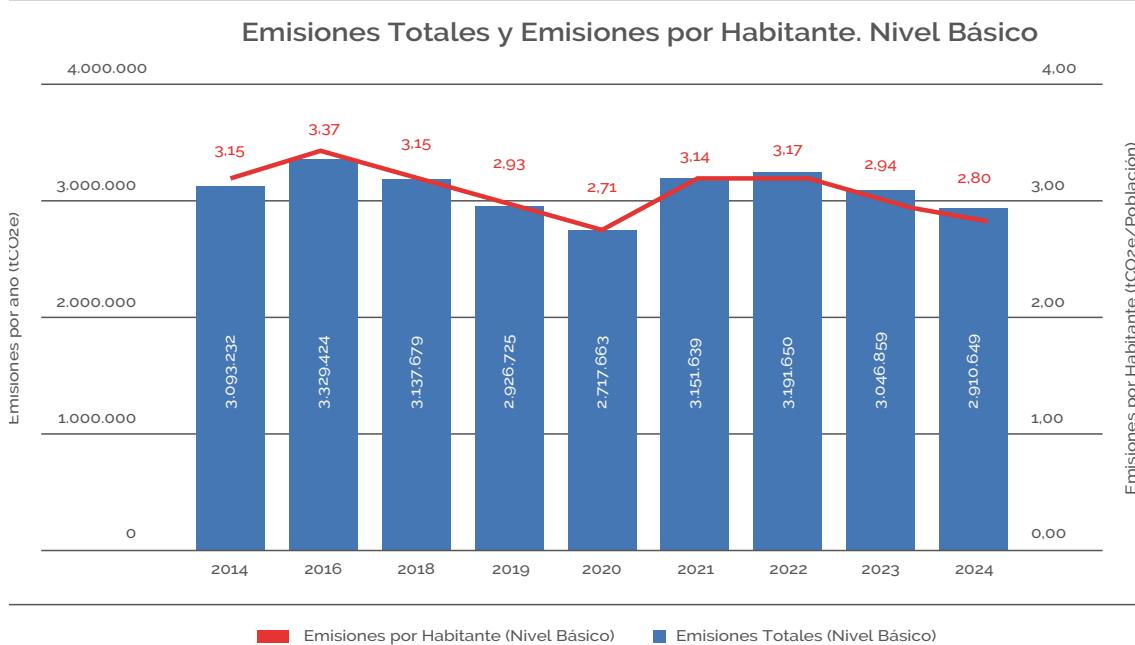
Tabla 9: Comparación de emisiones en tCO₂e 2014-2024. nivel Básico. Fuente: Elaboración propia en base a datos de la Municipalidad de Rosario.

Gráfico 7: Comparativa anual de Inventarios y emisiones per cápita. Fuente: Elaboración propia en base a datos de la Municipalidad de Rosario.

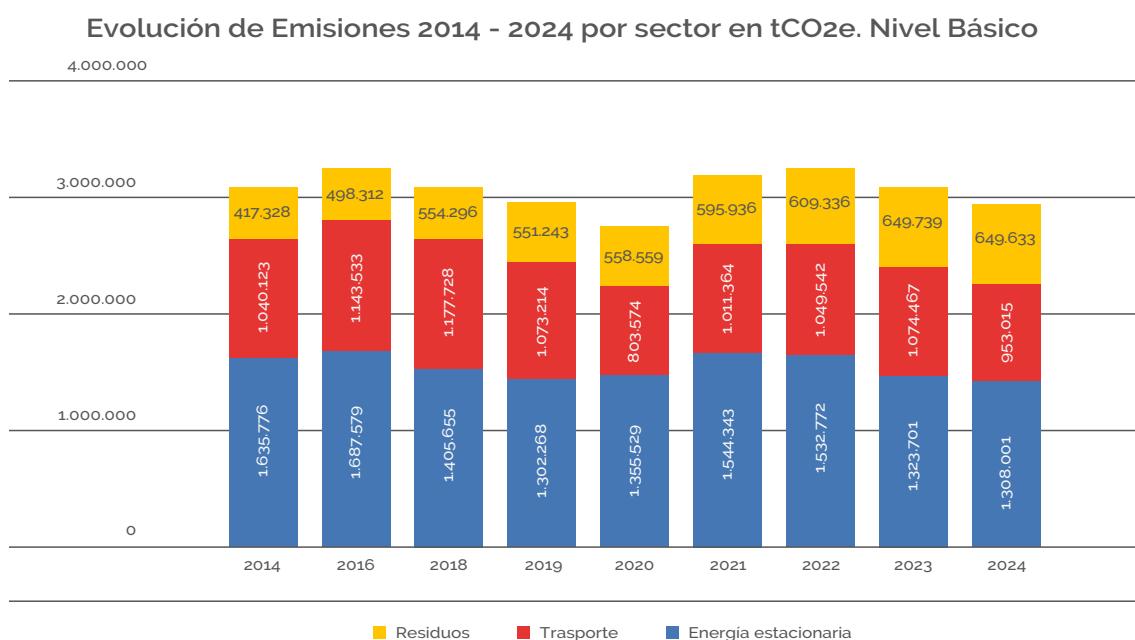


Gráfico 8: Comparativa anual de Inventarios por sector. Fuente: Elaboración propia en base a datos de la Municipalidad de Rosario.

IX. Resultados parciales por sector

Sector Energía Estacionaria

El sector analizado constituye la principal fuente de emisiones de GEI de la ciudad de Rosario en los años 2023 y 2024 (43% y 45% de las emisiones reportadas bajo el nivel Básico respectivamente) reflejando el peso de las actividades residenciales, industriales y comerciales en la dinámica urbana local.

A continuación, se presentan los resultados estimados para los años 2023 y 2024, elabora-

dos según el nivel Básico de reporte del inventario de GEI municipal. En la tabla siguiente se detalla la contribución de cada subsector a las emisiones totales del sector, expresadas en toneladas de CO₂ equivalente (tCO₂e) y en porcentaje relativo:

En la siguiente tabla se discrimina la participación que tiene cada subsector para la Energía estacionaria.

Energía Estacionaria/ Subsectores	Emisión anual 2023 (tCO ₂ e)	Emisión anual 2024 (tCO ₂ e)	Participación Año 2023 (%)	Participación Año 2024 (%)
Edificios Residenciales	701.017	743.455	49,16	56,83
Edificios e instalaciones Comerciales e Institucionales	273.872	266.160	19,21	20,35
Construcción e industrias manufactureras	210.891	184.872	14,79	14,13
Industrias energéticas	3.411	3.129	7,41	0,24
Actividades agrícolas, de silvicultura y de pesca	117.527	93.247	8,24	7,13
Fuentes no especificadas	3.612	3.402	0,25	0,26
Emisiones fugitivas	13.370	13.735	0,94	1,05
Total	1.323.701	1.308.001	100	100

Tabla 10: Emisiones por subsector de energía estacionaria según nivel Básico para los años 2023 y 2024. Fuente: Elaboración propia en base a datos de la Municipalidad de Rosario.

Datos de actividad

En la ciudad de Rosario las principales fuentes de energía estacionaria utilizadas son la electricidad, el gas natural y en menor proporción, el gas licuado de petróleo (GLP).

Los datos de GLP fueron obtenidos de la página web de la Secretaría de Energía de la Nación, considerando consumos promedios con base en el Balance Energético Nacional. En el caso del gas natural, los datos fueron consultados a la empresa prestadora del servicio de distribu-

ción, Litoral Gas S.A. En cuanto a las cantidades relativas al consumo de energía eléctrica fueron solicitadas a la Empresa Provincial de la Energía de Santa Fe (EPE). Por su parte, los consumos de combustibles fósiles (gas natural, gasoil, naftas y fuel oil) en el sector Agro, se obtuvieron de la base de datos de despachos de combustible de la Secretaría de Energía de la Nación.

A continuación, se presenta la siguiente tabla con los valores de consumo por subsector:

Ref GPC	Fuente de Emisión	Consumo anual 2023	Consumo anual 2024	Unidad
I.	Energía estacionaria			
I.1	Edificios residenciales			
I.1.1	Consumo de combustible dentro de los límites municipales			
	Gas Natural	197.978.781	215.863.780	m ³
	Combustibles Líquidos	84	72	m ³
	Quema de Leña	3.841	5.206	t
	Quema de Carbón Vegetal	4.062	4.030	t
I.1.2	Consumo de energía eléctrica proveniente de la red en el sector residencial			
	Energía Eléctrica sector residencial	1.147.312.000	1.087.356.000	kWh
I.1.3	Pérdidas por transmisión y distribución de energía eléctrica suministrada por la red			
	Consumo de energía eléctrica por pérdidas de transmisión y distribución	248.039.000	224.038.000	kWh
I.2	Edificios comerciales e institucionales			
I.2.1	Consumo de combustible dentro de los límites municipales			
	Gas Natural para el sector comercial e institucional	39.282.002	38.680.590	m ³
	Gas Envasado para el sector comercial	2.934	2.762	t
I.2.2	Consumo de energía eléctrica proveniente de la red en el sector comercial e instituciones			
	Sector comercial	527.430.000	504.837.000	kWh
	Edificios de autoridades públicas e instituciones	192.302.000	192.773.000	kWh
	Alumbrado Público	104.177.000	104.788	kWh

I.2.3	Pérdidas por transmisión y distribución de energía eléctrica suministrada por la red			
	Consumo de energía eléctrica por pérdidas de transmisión y distribución	178.122.000	165.325.000	kWh
I.3	Industrias de manufactura y construcción			
I.3.1	Consumo de combustible en sector industrial			
	Gas natural en sector industrial	50.171.184	40.732.920	m ³
	Gas envasado en sector industrial	2.688	2.528	t
I.3.2	Consumo de energía eléctrica proveniente de la red en el sector industrial			
	Consumo Energia eléctrica	460.533.000	431.503.000	kWh
I.3.3	Pérdidas por transmisión y distribución de energía eléctrica suministrada por la red			
	Consumo Energia eléctrica	178.122.000	165.325.000	kWh
I.4	Industria de energía			
I.4.2	Consumo de la red eléctrica en las operaciones auxiliares de plantas de energía dentro de los límites del municipio			
	Consumo energía eléctrica de red	14.873.000	13.724.000	kWh
I.4.3	Pérdidas de transmisión y distribución de consumo de energía del la red eléctrica en operaciones auxiliares de centrales eléctricas			
	Consumo de energía eléctrica por pérdidas de transmisión y distribución	3.215.000	2.828.000	kWh
I.4.4	Generación de energía suministrada a la red eléctrica. Consumo de combustible.			
	Despacho mayorista al municipio de Gas Natural para Usinas Eléctricas	NO	NO	m ³
I.5	Actividades agrícolas, silvicultura y pesca			
I.5.1	Consumo de combustible en sector rural			
	Gas envasado en sector rural	1.227	1.147	t
	Despacho combustibles líquidos para el Agro	43.771	34.918	m ³
I.5.2	Consumo de energía eléctrica proveniente de la red en el sector rural			
	Consumo Energia eléctrica	1.796.000	2.328.000	kWh
I.5.3	Pérdidas por transmisión y distribución de energía eléctrica suministrada por la red			
	Consumo de energía eléctrica por pérdidas de transmisión y distribución	388.000	480.000	kWh

I.6	Fuentes no especificadas			
I.6.1	Consumo de combustible en otros sectores no especificados anteriormente			
	Combustibles Líquidos	NO	NO	m ³
I.6.2	Consumo de energía eléctrica proveniente de la red en fuentes no especificadas			
	Consumo energía eléctrica	15.746.000	14.922.000	
I.6.3	Pérdidas por transmisión y distribución de energía eléctrica suministrada por la red			
	Consumo de energía eléctrica por pérdidas de transmisión y distribución	3.404.000	3.075.000	

Tabla 11: Datos de actividad para el Sector Energía Estacionaria años 2023 y 2024. Fuente: Elaboración propia en base a datos de la Municipalidad de Rosario.

Factores de Emisión

Los factores de emisión (CO₂, N₂O y CH₄) de un sistema eléctrico dependen de las características de sus fuentes de generación, pudiendo ser las mismas de origen fósil, lo cual conlleva una mayor emisión de GEIs o de orígenes más renovables que generan una menor emisión de GEIs. El factor de emisión varía año a año en función de las diferentes fuentes que se utilizan

a nivel nacional, y es por esto que las emisiones del sector de energía dependen fuertemente de la forma en que se genere la electricidad. A continuación, se presentan los factores de emisión por GEI en función del consumo de energía para cada año.

Año	FE red CO ₂ (tCO ₂ /kWh)	FE Red CH ₄ (tCH ₄ /kWh)	FE Red NO ₂ (tNO ₂ /kWh)
2014	0,000339	8,42 x 10 ⁻⁹	3,09 x 10 ⁻⁹
2016	0,000338	8,81 x 10 ⁻⁹	3,50 x 10 ⁻⁹
2018	0,000297	6,09 x 10 ⁻⁹	1,65 x 10 ⁻⁹
2019	0,000267	5,15 x 10 ⁻⁹	1,05 x 10 ⁻⁹
2020	0,000274	5,81 x 10 ⁻⁹	1,71 x 10 ⁻⁹
2021	0,000299	7,13 x 10 ⁻⁹	3,14 x 10 ⁻⁹
2022	0,000280	7,27 x 10 ⁻⁹	3,55 x 10 ⁻⁹
2023	0,000229	5,11 x 10 ⁻⁹	1,8 x 10 ⁻⁹
2024	0,000228	4,7 x 10 ⁻⁹	1,37 x 10 ⁻⁹

Tabla 12: Factores de Emisión. Fuente: Elaboración propia en base a datos de la Municipalidad de Rosario y en colaboración con el equipo técnico de la RAMCC.

Cabe destacar que esta fuerte relación que existe entre el factor de emisión de la red eléctrica nacional y el total de las emisiones del sector de energía del inventario de Rosario se

puede visualizar en el siguiente gráfico. Asimismo, se observa la dependencia del sector de energía de las políticas dictadas a nivel nacional.

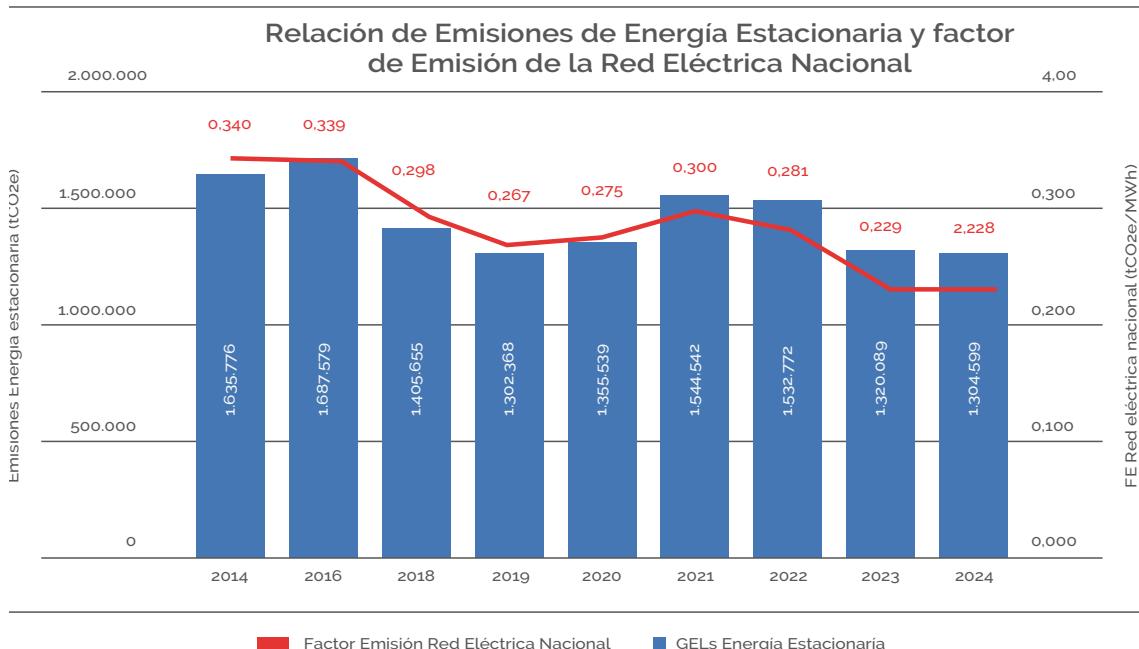


Gráfico 9: Evolución de las Emisiones GEI's Sector Energía estacionaria y factor de emisión de la red eléctrica por año. Fuente: Elaboración propia en base a datos de la Municipalidad de Rosario.

Fuente	Térmica	Hidráulica	Nuclear	Renovable	TOTAL [GWh]
2014	83.048	39.207	5.258	2.301	129.814
2015	86.347	39.840	6.519	2.510	135.216
2016	90.099	36.192	7.677	2.632	136.600
2017	88.530	39.584	5.716	2.635	136.465
2018	87.727	39.952	6.453	3.350	137.482
2019	80.137	35.370	7.927	7.812	131.247
2020	82.336	29.093	10.011	12.737	134.177
2021	90.074	24.116	10.170	17.437	141.797
2022	81.751	30.186	7.469	19.340	138.747
2023	73.020	39.332	8.963	20.086	141.401
2024	75.388	33.424	10.449	22.877	142.138

Tabla 13: Generación de Energía Eléctrica por fuente desde 2014 a 2024. Fuente: Informe anual CAMMESA (Compañía Administradora del Mercado Mayorista Eléctrico, S.A.).

Tipo	Gas Natural	Fuel Oil	Gas Oil	Carbón Mineral
2014	14.355	2.717	1.799	1.004
2015	14.418	3.088	2.240	949
2016	15.589	2.651	2.381	725
2017	17.117	1.286	1.397	654
2018	18.040	565	874	657
2019	17.208	186	403	222
2020	16.294	580	852	475
2021	16.361	748	2.025	866
2022	14.220	1.113	2.435	777
2023	13.951	673	1.300	520
2024	15.261	233	944	252

Tabla 14: Consumo de combustible para generación de energía eléctrica desde 2014 a 2024. Fuente: Informe anual CAMMESA, Unidades: GAS NATURAL [MDam³] - FUEL OIL [kTon] - GAS OIL [kM³] - CARBÓN MINERAL [kTon].

Los factores de emisión utilizados para el cálculo de consumo de combustibles en el sector de Energía estacionaria, se pueden visualizar

en la tabla 21 del Sector Transporte. Específicamente para el sector residencial también son utilizados los siguientes factores de emisión:

Fuente de emisión	Factor de emisión			Calidad
	Combustible	N ₂ O (kg/TJ)	CH ₄ (kg/TJ)	
Gas Licuado		0,10	1,00	63100
Gas Natural		0,10	1,00	56100

Tabla 15: Factores de emisión por combustible. Fuente: datos.energia.gob.ar

En la siguiente tabla se establecen, según protocolo las emisiones en tCO₂e por Alcances en

el Sector Energía Estacionaria:

Ref GPC	Alcance	Fuentes de gases de efecto invernadero	Gases de Efecto Invernadero (tCO ₂ e)			
			CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CO ₂ e
I.		Energía				
I.1		Edificios residenciales				

I.1.1	1	Emisiones de consumo de combustible en los límites del municipio.	436.109	936	807	437.852
I.1.2	2	Emisiones de consumo de electricidad de la red eléctrica dentro de los límites del municipio	262.449	165	552	263.165
I.1.3	3	Emisiones de pérdidas en la transmisión y distribución en la red eléctrica	56.739	36	119	56.184
I.2		Edificios e instalaciones comerciales e institucionales				
I.2.1	1	Emisiones de consumo de combustible en los límites del municipio	84.806	42	40	84.887
I.2.2	2	Emisiones de consumo de electricidad de la red eléctrica dentro de los límites del municipio	188.470	118	396	188.984
I.2.3	3	Emisiones de pérdidas en la transmisión y distribución en la red eléctrica	40.746	26	86	40.857
I.3		Industrias de fabricación y construcción				
I.3.1	1	Emisiones de consumo de combustible en los límites del municipio	105.155	52	49	105.256
I.3.2	2	Emisiones de consumo de electricidad de la red eléctrica dentro de los límites del municipio	105.347	66	22	105.635
I.3.3	3	Emisiones de pérdidas en la transmisión y distribución en la red eléctrica	22.775	14	48	22.837
I.4		Industrias de energía				
I.4.1	1	Emisiones de consumo de electricidad y combustible en operaciones auxiliares de plantas de energía en los límites del municipio. (Autoconsumo de electricidad)	NO	NO	NO	NO
I.4.2	2	Emisiones procedentes del consumo de la red eléctrica en las operaciones auxiliares de plantas de energía dentro de los límites del municipio	3.402	2	7	3.41
I.4.3	3	Emisiones procedentes de las pérdidas de transmisión y distribución de consumo de energía de la red eléctrica en operaciones auxiliares de centrales eléctricas	735	0	2	737

I.4.4	1	Emisiones procedentes de la generación de energía suministrada a la red eléctrica. Consumo de combustible.	NO	NO	NO	NO
I.5		Actividades de agricultura, silvicultura y pesca				
I.5.1	1	Emisiones de la combustión de combustibles para generar energía en los límites del municipio	115.262	187	1.667	117.115
I.5.2	2	Consumo de electricidad de la red eléctrica dentro de los límites del municipio	411	0	1	412
I.5.3	3	Emisiones de pérdidas en la transmisión y distribución en la red eléctrica	89	0	0	89
I.6		Fuentes no especificadas				
I.6.1	1	Emisiones de consumo de combustible en los límites del municipio	NO	NO	NO	NO
I.6.2	2	Emisiones de consumo de electricidad de la red eléctrica dentro de los límites del municipio	3.602	2	8	3.612
I.6.3	3	Emisiones de pérdidas en la transmisión y distribución en la red eléctrica	779	0	2	781
I.4		Industrias de energía				
I.7	1	Emisiones fugitivas de la minería, procesamiento, almacenamiento y transporte de carbón	NO	NO	NO	NO
I.8	1	Las emisiones fugitivas de los sistemas de petróleo y gas natural				
I.8.1	1	Emisiones fugitivas que ocurren dentro del municipio	24	13.346	0	13.370

Tabla 16: Emisiones por subsector del sector Energía Estacionaria año 2023 según reporte GPC. Fuente: elaboración propia.

Ref GPC	Alcance	Fuentes de gases de efecto invernadero	Gases de Efecto Invernadero (tCO ₂ e)			
			CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CO ₂ e
I.		Energía				
I.1		Edificios residenciales				

I.1.1	1	Emisiones de consumo de combustible en los límites del municipio.	495.061	243	230	495.534
I.1.2	2	Emisiones de consumo de electricidad de la red eléctrica dentro de los límites del municipio	247.381	144	396	247.921
I.1.3	3	Emisiones de pérdidas en la transmisión y distribución en la red eléctrica	50.970	30	82	51.081
I.2		Edificios e instalaciones comerciales e institucionales				
I.2.1	1	Emisiones de consumo de combustible en los límites del municipio	83.131	41	39	84.488
I.2.2	2	Emisiones de consumo de electricidad de la red eléctrica dentro de los límites del municipio	182.551	106	292	182.950
I.2.3	3	Emisiones de pérdidas en la transmisión y distribución en la red eléctrica	37.613	22	60	37.695
I.3		Industrias de fabricación y construcción				
I.3.1	1	Emisiones de consumo de combustible en los límites del municipio	86.405	43	40	84.488
I.3.2	2	Emisiones de consumo de electricidad de la red eléctrica dentro de los límites del municipio	98.170	57	157	98.384
I.3.3	3	Emisiones de pérdidas en la transmisión y distribución en la red eléctrica	20.227	12	32	20.271
I.4		Industrias de energía				
I.4.1	1	Emisiones de consumo de electricidad y combustible en operaciones auxiliares de plantas de energía en los límites del municipio. (Autoconsumo de electricidad)	NO	NO	NO	NO
I.4.2	2	Emisiones procedentes del consumo de la red eléctrica en las operaciones auxiliares de plantas de energía dentro de los límites del municipio	3.122	2	5	3.129
I.4.3	3	Emisiones procedentes de las pérdidas de transmisión y distribución de consumo de energía de la red eléctrica en operaciones auxiliares de centrales eléctricas	643	0	1	645

I.4.4	1	Emisiones procedentes de la generación de energía suministrada a la red eléctrica. Consumo de combustible.	NO	NO	NO	NO
I.5		Actividades de agricultura, silvicultura y pesca				
I.5.1	1	Emisiones de la combustión de combustibles para generar energía en los límites del municipio	91.130	191	1.296	92.716
I.5.2	2	Consumo de electricidad de la red eléctrica dentro de los límites del municipio	530	0	1	531
I.5.3	3	Emisiones de pérdidas en la transmisión y distribución en la red eléctrica	109	0	0	109
I.6		Fuentes no especificadas				
I.6.1	1	Emisiones de consumo de combustible en los límites del municipio	NO	NO	NO	NO
I.6.2	2	Emisiones de consumo de electricidad de la red eléctrica dentro de los límites del municipio	3.395	2	5	3.402
I.6.3	3	Emisiones de pérdidas en la transmisión y distribución en la red eléctrica	700	0	1	701
I.4		Industrias de energía				
I.7	1	Emisiones fugitivas de la minería, procesamiento, almacenamiento y transporte de carbón	NO	NO	NO	NO
I.8	1	Las emisiones fugitivas de los sistemas de petróleo y gas natural				
I.8.1	1	Emisiones fugitivas que ocurren dentro del municipio	25	13.710	0	13.735

Tabla 17: Emisiones por subsector del sector Energía Estacionaria año 2024 según reporte GPC. Fuente: elaboración propia.

Sector Transporte

A partir de los datos de ventas de combustibles correspondientes a los años 2023 y 2024, y considerando los tipos de combustible asociados a cada modo de transporte, se estimaron las emisiones de gases de efecto invernadero expresadas en toneladas de CO₂ equivalente (tCO₂e). Los resultados se presentan en la Tabla 16, donde se observa que el transporte por ca-

rrera constituye el principal emisor del sector, con 1.052.471 tCO₂e en 2023 y 941.304 tCO₂e en 2024, representando el 94,5 % y el 96,1 % de las emisiones totales respectivamente. Cabe destacar que en 2024 no se registran operaciones de venta al sector de la navegación y que las emisiones de aviación, si bien incluidas en el nivel BASIC+ del protocolo GPC, no se contabilizan en el nivel Básico del inventario local.

Subsector	Emisiones Año 2023 (tCO ₂ e)	Emisiones Año 2024 (tCO ₂ e)	Porcentaje de participación año 2023 (%)	Porcentaje de participación año 2024 (%)
Gas Licuado	1.052.471	941.304	94,5	96,08
Ferroviario	20.528	11.711	1,8	1,19
Navegación	3.582	No ocurre ¹⁶	0,3	0
Aviación ¹⁷	35.910	26.653	3,2	2,7
Total	1.112.941	979.668	100	100

Tabla 18: Toneladas de CO₂eq emitidas por cada subsector para los años 2023 y 2024. Fuente: Elaboración propia en base a datos de la Municipalidad de Rosario.¹⁶ En este contexto, la clave No ocurre significa que no se han registrado ventas de combustible al sector correspondiente para el año analizado.¹⁷ Todas las emisiones asociadas a la aviación se contemplan dentro del Alcance 3 dado que la gran mayoría de ellas se dan fuera de los límites de la ciudad.

Los aportes por subcategoría de transporte se muestran a continuación en las siguientes ilustraciones:

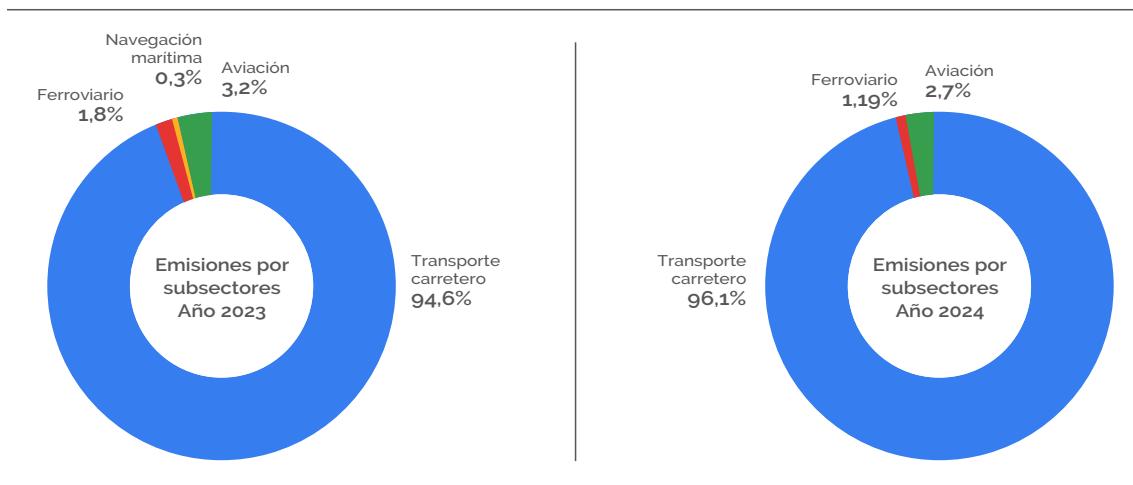


Gráfico 10: Emisiones por subsector de Transporte años 2023 y 2024. Fuente: Elaboración propia en base a datos de la Municipalidad de Rosario.

Como se mencionó anteriormente, la categoría que mayor contribución que aporta a las emisiones de GEI es el de Transporte en Carretera. La composición porcentual de las emisiones de

GEIs del Transporte por carretera, se puede ver en el siguiente gráfico, donde se hace evidente la enorme participación del rubro vehículos particulares en las emisiones de CO₂e.

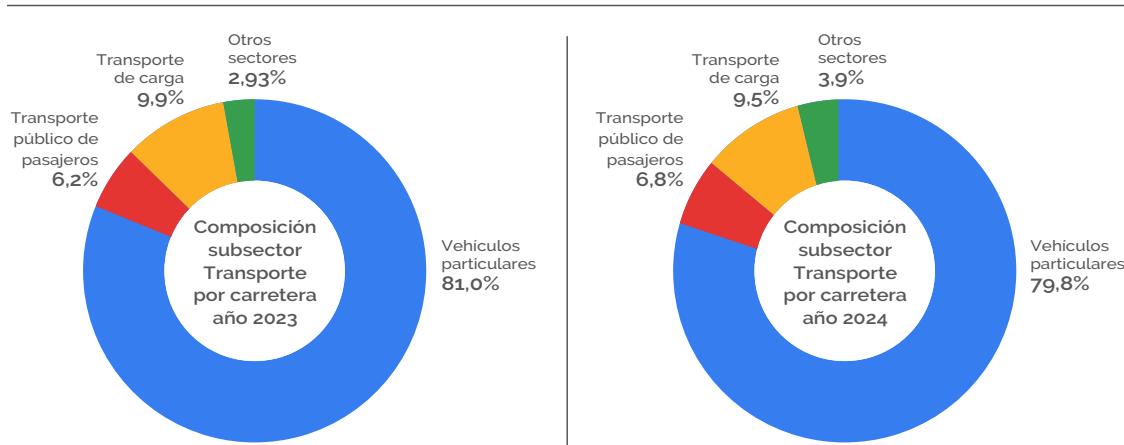


Gráfico 11: Composición porcentual por tipo de transporte de la subcategoría "transporte por carretera". Años 2023 y 2024. Fuente: Municipalidad de Rosario.

Si se realiza la comparación por tipo de combustible se obtiene como resultado la siguiente composición de emisiones, aclarando que las emisiones de nafta y diesel tiene en cuenta el

corte de biocombustibles, y dentro de otros combustibles, se incluye aeronafra y aerokeerosene, como así también las emisiones por el uso de electricidad para el transporte público.

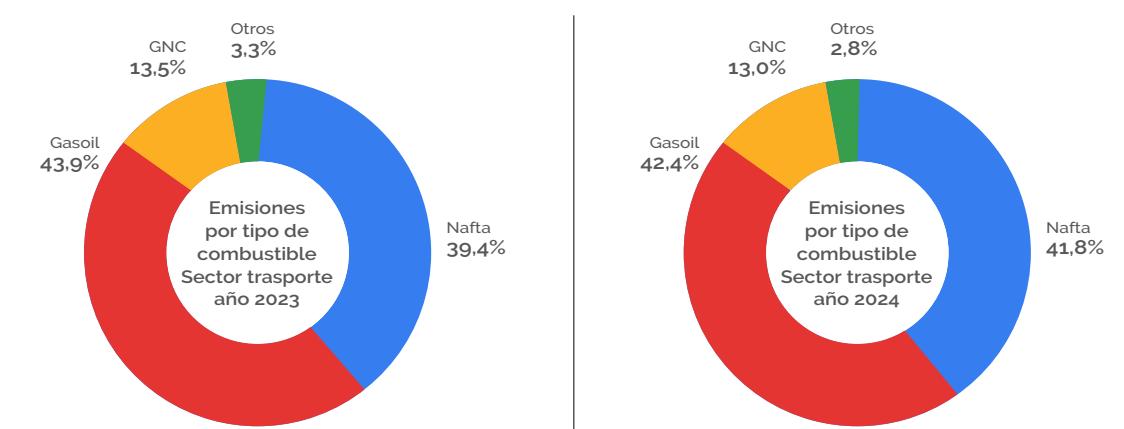


Gráfico 12: Composición de emisiones por tipo de combustible en el sector transporte años 2023 y 2024. Fuente: Elaboración propia en base a datos de la Municipalidad de Rosario.

Datos de actividad

Para el cálculo de las emisiones en el sector Transporte se adoptó el **método de Venta de Combustible**, el cual requiere conocer los valores de las ventas que fueron efectuadas dentro de la ciudad. Dichos datos se obtuvieron a través del sitio web del Ministerio de Economía, Secretaría de Energía¹⁸, que presenta la información de los volúmenes de combustible vendidos al sector mayorista, y al minorista durante

los años 2021 y 2022. Esta entidad sectoriza las ventas de acuerdo a distintos tipos de usos de acuerdo a la resolución nacional N° 1104/04.

Todos los volúmenes de combustible vendidos proporcionados por dicho ministerio corresponden a aquellos que no han recibido ningún tipo de subsidio por parte del Estado, por esa razón se hizo necesario obtener los valores de aquellos que sí fueron subsidiados, como en el caso del transporte público de pasajeros, fa-

¹⁸ <http://datos.energia.gob.ar/dataset>

cilitados por el Ente de la Movilidad de Rosario (EMR), además del uso de biocombustibles.

Cabe aclarar que se encontraron valores inconsistentes con valores registrados en años anteriores, sobre todo para la serie de los años 2020 y el 2022, que fueron informadas al organismo responsable a nivel nacional que sube los datos al portal. Se observaron esos valores para el inventario del año 2020, y por lo tanto se

encontrarán diferencias respecto a los valores informados en el presente informe.

En lo que respecta a los valores del consumo eléctrico realizado por las líneas de trolebuses con las que cuenta el municipio, los mismos se obtuvieron también a través de la Empresa Provincial de la Energía (EPE) y corroborados con el Ente de la Movilidad de Rosario (EMR).

Sector Mayorista 2023	Gas Oil (m ³)	Nafta	Aerokerosene	Aeronafta
Agro ¹⁹	33.753	9.8		
Navegación	391+986 ²⁰			
Otros sectores ²¹	2.233	21		
Aviación			6.032+7.150 ²²	131+672 ²³
Transporte carga	33.357			
Ferroviario	7.897			

Tabla 19: Despacho de combustibles del Sector Mayorista para el año 2023. Fuente: datos.energia.gob.ar

¹⁹ Este rubro es cuantificado en Sector energía estacionaria, subsector actividad rural.

²⁰ Consumo de navegación internacional

²¹ Este rubro es cuantificado en Sector Energía estacionaria, subsector fuentes no especificadas.

²² Consumo de aviación internacional

²³ Consumo de aviación internacional

Sector Mayorista 2024	Gas Oil (m ³)	Nafta	Aerokerosene	Aeronafta
Agro ²⁴	15.312	1.479		
Navegación				
Otros sectores	246	83		
Aviación			2.906+7.363	104
Transporte carga	28.326			
Ferroviario	4.505			
Estado	7			

Tabla 20: Despacho de combustibles del Sector Mayorista para el año 2024. Fuente: datos.energia.gob.ar

²⁴ Este rubro es cuantificado en Sector energía estacionaria, subsector actividad rural.

Sector Minorista 2023	Gas Oil (m ³)	Kerosene	Nafta	GNC
Agro ²⁶	9.389		618	
Al Público	103.579	83	209.407	72.926.271
Otros sectores	8.715		1.119	
Transporte de carga	6.503		62	4.562

Tabla 21: Despacho de combustibles del sector minorista para el año 2023. Fuente: datos.energia.gob.ar

²⁶ Este rubro es cuantificado en Sector Energía estacionaria, subsector rural.

Sector Minorista 2024	Gas Oil (m ³)	Kerosene	Nafta	GNC
Agro ²⁷	16.797		1.328	
Al Público	85.327	72	193.954	62.124.915
Otros sectores	11.247		3.251	0.02
Transporte de carga	5.937		113	7.87

Tabla 22: Despacho de combustibles del sector minorista para el año 2024. Fuente: datos.energia.gob.ar

²⁷ Este rubro es cuantificado en Sector Energía estacionaria, subsector rural.

Gas Oil (m ³)	Nafta	GNC	Electricidad (KWh)
23.971			1.961.761

Tabla 23: Consumo del año 2023 de combustibles y electricidad Transporte Urbano de Pasajeros. Fuente: Elaboración propia en base a datos.energia.gob.ar / Ente de la Movilidad Rosario (EMR) / Empresa Provincial de la Energía (EPE).

Gas Oil (m ³)	Nafta	GNC	Electricidad (KWh)
23.521			1.667.997

Tabla 24: Consumo del año 2024 de combustibles y electricidad Transporte Urbano de Pasajeros. Fuente: Elaboración propia en base a datos.energia.gob.ar / Ente de la Movilidad Rosario (EMR) / Empresa Provincial de la Energía (EPE).

Factores de Emisión

Es importante destacar que, las propiedades intensivas de cada combustible utilizado para lograr las conversiones fueron los factores de emisión, el poder calorífico y la densidad. Dicho valores se obtuvieron de las siguientes fuentes oficiales: Balance Energético Nacional – Documento metodológico (2023 y 2024); y 2006 IPCC Guidelines for National Greenhou-

se Gas. Para el cálculo de emisión de GEI en el sistema de trolebuses se usa el factor de emisión de la red eléctrica utilizada en el sector de energía estacionaria.

Fuente de emisión	Factor de emisión			Calidad
Combustible	N ₂ O (KgN ₂ O/TJ)	CH ₄ (KgCH ₄ /TJ)	CO ₂ (tCO ₂ /TJ)	
Gasoil Ferrocarril	28,6	4,15	74,1	Media
Gasoil Carretera	3,9	3,9	74,1	Media
Gasoil Navegación	2	7	74,1	Media
GNC	3	92	56,1	Media
Kerosene	0,6	2	71,5	Media
Nafta	8	25	69,3	Media
Aerokerosene	2	0,5	71,5	Media
Fuel Oil	0,6	3	77,4	Media
Biodiésel	3,9	3,9	74,1	Media
Bioetanol	8	25	70,8	Media
Aeronaftas	2	0,5	71,5	Media

Tabla 25: Factores de emisión combustibles²⁸. Fuente: Elaboración propia en base a datos de la Municipalidad de Rosario.

²⁸ Tercera Comunicación Nacional de la República Argentina a la Convención Marco a la Convención Marco de las Naciones Unidas Sobre el Cambio Climático, págs. 237-240.

En la siguiente tabla se establecen, según protocolo las emisiones en tCO₂e por Alcances en el Sector Transporte:

Ref GPC	Alcance	Fuentes de gases de efecto invernadero	Gases de Efecto Invernadero (tCO ₂ e)			
			CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CO ₂ e
II		Transporte				
II.1		Terrestre en carretera/ rodoviario				
II.1.1	1	Emisiones dentro de los límites del municipio por la quema de combustible	1.017.991	11.797	22.682	1.052.471
II.1.2	2	Emisiones de consumo de electricidad de la red eléctrica dentro de los límites del municipio en transporte terrestre	449	0	1	450

II.1.3	3	Emisiones de viajes transfronterizos y por pérdidas por transmisión y distribución de energía eléctrica suministrada por la red	97	0	0	97
II.2		Transporte ferroviario				
II.2.1	1	Emisiones dentro de los límites del municipio por la quema de combustible	20.199	31	297	20.528
II.3		Navegación				
II.3.1	1	Emisiones dentro de los límites del municipio por la quema de combustible	1.002	2	15	1.018
II.3.3	3	Emisiones de viaje transfronterizos	2.2523	4	37	2.564
II.4		Aviación				
II.4.3	3	Emisiones de viajes transfronterizos y por pérdidas por transmisión y distribución de energía eléctrica suministrada por la red	35.639	7	264	35.910

Tabla 26: Emisiones por subsector del sector Transporte año 2023 según reporte GPC. Fuente: elaboración propia.

Ref GPC	Alcance	Fuentes de gases de efecto invernadero	Gases de Efecto Invernadero (tCO ₂ e)			
			CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CO ₂ e
II		Transporte				
II.1		Terrestre en carretera/ rodoviario				
II.1.1	1	Emisiones dentro de los límites del municipio por la quema de combustible	909.852	10.455	20.617	940.924
II.1.2	2	Emisiones de consumo de electricidad de la red eléctrica dentro de los límites del municipio en transporte terrestre	379	0	1	380
II.1.3	3	Emisiones de viajes transfronterizos y por pérdidas por transmisión y distribución de energía eléctrica suministrada por la red	78	0	0	78
II.2		Transporte ferroviario				
II.2.1	1	Emisiones dentro de los límites del municipio por la quema de combustible	11.524	18	170	11.711

II.3		Navegación				
II.3.1	1	Emisiones dentro de los límites del municipio por la quema de combustible	NO	NO	NO	NO
II.4		Aviación				
II.4.3	3	Emisiones de viajes transfronterizos y por pérdidas por transmisión y distribución de energía eléctrica suministrada por la red	26.433	5	196	26.635

Tabla 27: Emisiones por subsector del sector Transporte año 2024 según reporte GPC. Fuente: elaboración propia.

Sector Residuos

Las emisiones totales del sector Residuos fueron de 649.739 tCO₂e y 649.633 tCO₂e para los años 2023 y 2024, respectivamente, donde la subcategoría disposición de residuos sólidos tiene una participación mayoritaria seguido del subsector de tratamiento y vertido de aguas residuales. El tratamiento biológico tiene una contribución

marginal, el tratamiento de residuos patológicos y residuos especiales no fueron contabilizadas dado que la mayor forma de tratamiento es el autoclave, cuyo consumo energético se contabiliza en el sector energía estacionaria.

En la Tabla 28 se presenta la participación de cada subsector en las emisiones tCO₂e:

Residuos	Emisiones años 2023 (tCO ₂ e)	Participación porcentual 2023 (%)	Emisiones años 2024 (tCO ₂ e)	Participación porcentual 2024 (%)
Disposición de residuos sólidos	563.982	86	563.608	86
Tratamiento y vertido de aguas residuales	85.239	13	85.642	13
Tratamiento biológico de residuos	518	1	383	1
Total	649.739	100	649.633	100

Tabla 28: Emisiones por subsector Residuos años 2023 y 2024 en tCO₂e. Fuente: Elaboración propia en base a datos de la Municipalidad de Rosario.

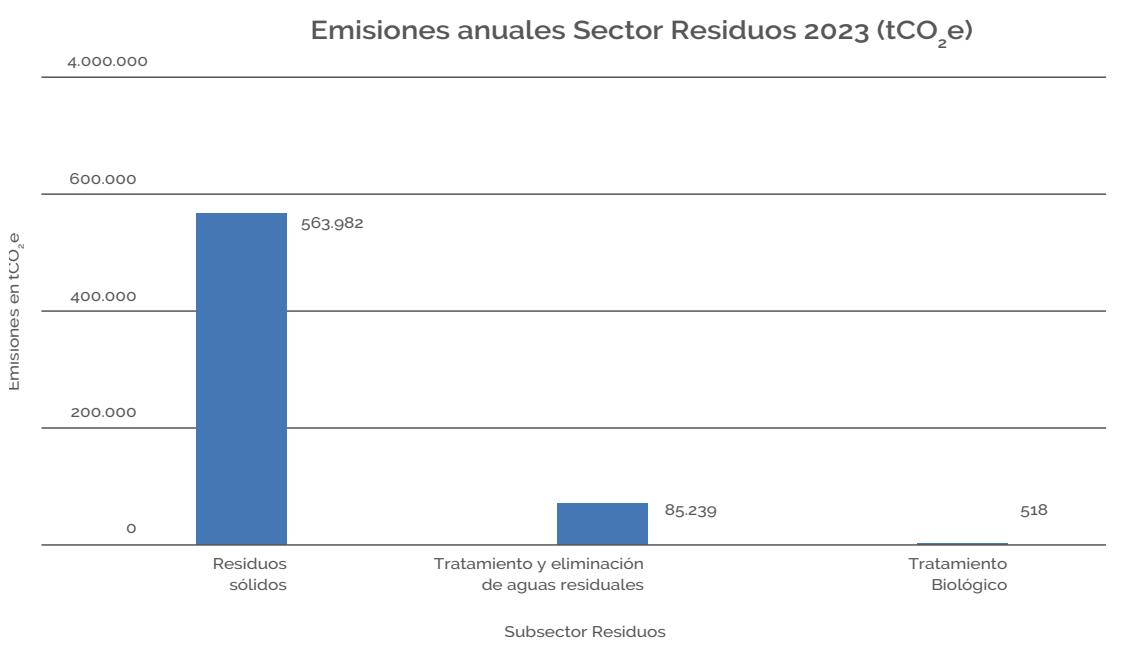


Gráfico 13: Emisiones por subsector de residuos en tCO₂e año 2023. Fuente: Elaboración propia en base a datos de la Municipalidad de Rosario.

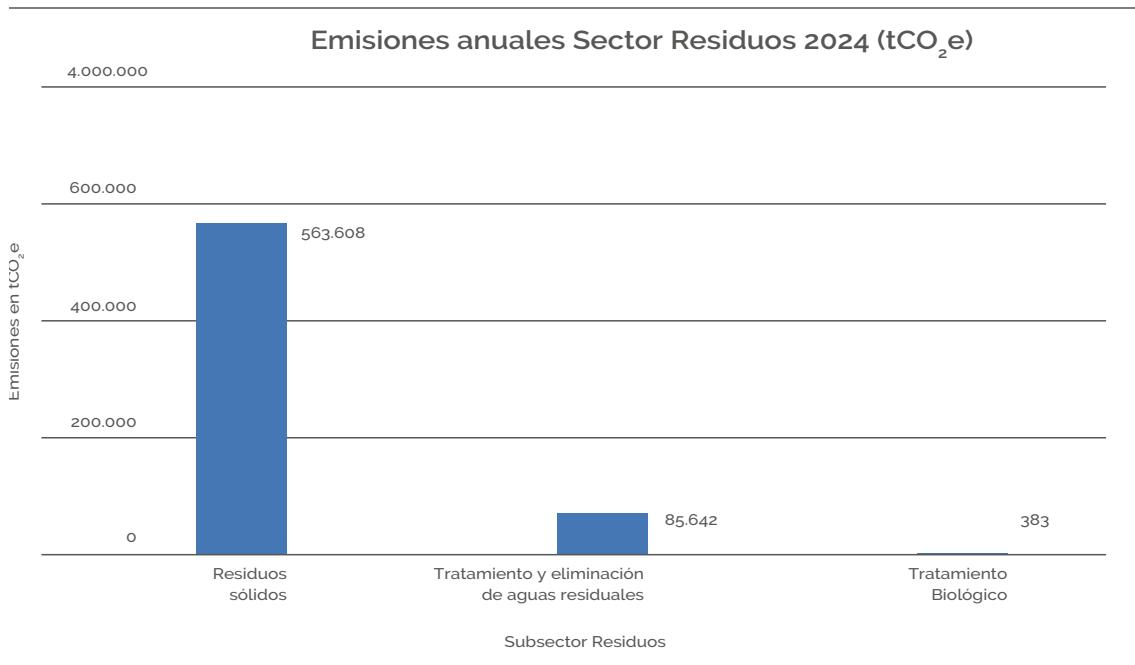


Gráfico 14: Emisiones por subsector de residuos en tCO₂e año 2024. Fuente: Elaboración propia en base a datos de la Municipalidad de Rosario.

Datos de actividad

Se detalla a continuación la generación de Residuos en los límites de la ciudad:

Residuos	Emisiones años 2023 (t)	Emisiones anuales 2023 (tCO ₂ e)	Disposición Anual 2024 (t)	Emisiones anuales 2022 (tCO ₂ e)
Disposición de Residuos Sólidos (Relleno Ricardone)	282.019	351.734	269.433	357.020
Disposición de Residuos Sólidos (Relleno Bella Vista)	409.745	212.247	309.461	206.588
Tratamiento Biológico de Residuos (Planta de Compostaje)	2.949	518	2.184	383

Tabla 29: Valores de emisiones del sector Residuos. Fuente: Elaboración propia en base a datos de la Municipalidad de Rosario.

Metodología

La vida cotidiana en los grandes conglomerados urbanos genera importantes volúmenes de residuos sólidos y aguas residuales, que requieren una gestión adecuada tanto dentro como fuera de la ciudad. La disposición y el tratamiento de estos residuos producen GEI como resultado de los procesos de descomposición aeróbica y anaeróbica de la materia orgánica.

Rosario ha venido fortaleciendo desde hace décadas sus políticas de gestión integral de residuos sólidos domiciliarios y asimilables, impulsando acciones orientadas a la reducción, recuperación y tratamiento. Una fracción de los residuos orgánicos separados en origen se destina al Centro Ambiental de Tratamiento de Residuos, ubicado en el barrio Bella Vista, donde se lleva adelante el compostaje. Los datos correspondientes al subsector "Tratamiento Biológico de Residuos" refieren a la cantidad de residuos orgánicos ingresados a la planta de compostaje durante los años 2023 y 2024.

Por otro lado, el porcentaje mayoritario de los residuos generados por la población y los grandes generadores, previamente clasificados en secos o recuperables, se deriva a la Planta de Secos del Municipio o a diversos emprendimientos sociales vinculados a la economía circular. Los residuos que no son tratados en la

planta de compostaje son destinados a disposición final en el relleno sanitario de la localidad de Ricardone, que recibe los residuos domiciliarios y compatibles de Rosario. Las cantidades enviadas a esta instalación fueron proporcionadas por la Dirección General de Residuos, y la fracción orgánica se estimó a partir del estudio de caracterización de residuos mencionado previamente.

En esta categoría, denominada "Disposición de Residuos Sólidos Domiciliarios", se diferencian dos corrientes:

- Los residuos de baja biodegradabilidad, que se disponen en el Relleno Sanitario de Bella Vista, dentro del ejido de Rosario.
- Los residuos domiciliarios y compatibles con mayor potencial de descomposición, dispuestos en el Relleno Sanitario de Ricardone, fuera de la jurisdicción municipal.

Para la estimación de las emisiones asociadas al sitio de Ricardone, se aplicó el Modelo de Descomposición de Primer Orden (FOD), que permite calcular las emisiones de metano generadas a lo largo del tiempo por los residuos dispuestos, considerando tanto las condiciones climáticas locales como el historial de disposición final del municipio. En el caso del relleno de Bella Vista, las emisiones se calcularon aplicando el método de Compromiso de Metano. Este

método considera que la fracción orgánica se degrada totalmente en el año del inventario.

Finalmente, para la categoría "Tratamiento y Vertido de Aguas Residuales", los datos de actividad corresponden a la población total estimada para los años 2023 y 2024. Dado que la ciudad de Rosario no cuenta con planta de tratamiento de efluentes cloacales, las aguas residuales se vierten parcialmente al río Paraná o se gestionan

mediante sistemas sépticos individuales. Las estimaciones se realizaron en función de los datos poblacionales proporcionados por la Dirección General de Estadística y las proyecciones oficiales provinciales y nacionales.

A continuación se establecen, según el protocolo las emisiones en tCO₂e por Alcances en el Sector Residuos:

Ref GPC	Alcance	Fuentes de gases de efecto invernadero	Gases de Efecto Invernadero (tCO ₂ e)			
			CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CO ₂ e
III		Residuos				
III.1		Residuos Sólidos				
III.1.1	1	Emisiones de residuos sólidos generados en el municipio y enviados a los vertederos dentro del municipio	0,00	212.247	0,00	212.247
III.1.3	3	Emisiones de residuos sólidos generados en el municipio y enviados a los vertederos fuera del municipio	0,00	351.734	0,00	351.734
III.2		Tratamiento Biológico				
III.2.1	1	Emisiones de residuos sólidos generados en el municipio y enviados para tratamiento biológico dentro del municipio	0,00	330	188	518
III.3		Incineración				
III.3.1	1	Emisiones de residuos sólidos generados en el municipio y enviados para incineración fuera del municipio	NE	NE	NE	NE
III.3		Tratamiento y eliminación de aguas residuales				
III.4.1	1	Emisiones de efluentes generados y tratados dentro de los límites del municipio	0,00	69.440	15.799	85.239

Tabla 30: Emisiones por subsector del sector Residuos año 2023 según reporte GPC. Fuente: elaboración propia.

Ref GPC	Alcance	Fuentes de gases de efecto invernadero	Gases de Efecto Invernadero (tCO ₂ e)			
			CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CO ₂ e
III		Residuos				
III.1		Residuos Sólidos				
III.1.1	1	Emisiones de residuos sólidos generados en el municipio y enviados a los vertederos dentro del municipio	0,00	206.588	0,00	206.588
III.1.3	3	Emisiones de residuos sólidos generados en el municipio y enviados a los vertederos fuera del municipio	0,00	357.020	0,00	357.020
III.2		Tratamiento Biológico				
III.2.1	1	Emisiones de residuos sólidos generados en el municipio y enviados para tratamiento biológico dentro del municipio	0,00	383	188	383
III.3		Incineración				
III.3.1	1	Emisiones de residuos sólidos generados en el municipio y enviados para incineración fuera del municipio	NE	NE	NE	NE
III.3		Tratamiento y eliminación de aguas residuales				
III.4.1	1	Emisiones de efluentes generados y tratados dentro de los límites del municipio	0,00	69.768	15.874	85.642

Tabla 31: Emisiones por subsector del sector Residuos año 2024 según reporte GPC. Fuente: elaboración propia.

Sector Procesos Industriales y Uso de Productos

Las emisiones de GEI pueden ser resultado de los usos de productos y las actividades industriales no relacionadas con la energía. Todas las emisiones de GEI que se producen a partir de procesos industriales, uso de productos y usos no energéticos de los combustibles fósiles, se evalúan y reportan en este sector.

Para tal fin, se recabó información propia del Municipio acerca de la existencia de industrias habilitadas para estimar emisiones GEI del subsector de Procesos, entre las que se encuen-

tran las siguientes:

- Industrias minerales ligadas a la producción de cemento, cal o vidrio.
- Industrias del metal ligadas a la producción de Coque metalúrgico, hierro y acero, ferroaleaciones, Aluminio, Magnesio, Zinc y Plomo.
- Industrias químicas ligadas a la producción de Amoníaco, Ácido Nítrico, Ácido Adípico, Caprolactama, Carburo, escoria de Titanio, Carbonato de Sodio (o Trona).

Para el cálculo de emisiones GEI del subsector usos industriales se recaudó la información acerca de:

- Lubricantes y cera de parafina en productos no energéticos.
- Gases de HFC (hidrofluorocarbonos) utilizados en producción electrónica.
- Uso de gases fluorados como sustancias que agotan la capa de ozono en industrias habilitadas.

Tras las consultas en los registros de las actividades habilitadas por el Municipio, no se identificó ninguna industria relevante del sector IPPU. Aunque no se dispone de la información completa acerca del subsector de Usos Industriales, se pudo determinar que no existen Usos de sectores que generen emisiones significativas que alteren el perfil total de las emisiones de la ciudad. En consecuencia, se estableció la exclusión de este sector de los cálculos finales del inventario, y de acuerdo con el Protocolo GPC se le asignó la notación NO (No ocurre) para subsector Procesos, y NE (No se estima) para subsector Usos.

Sector Agricultura, Silvicultura y otros usos de suelo

El sector de Agricultura, silvicultura y otros usos de suelo (*Agriculture, forestry, and other land use, AFOLU*) produce emisiones de GEI a través de una variedad de vías, incluidos los cambios de uso de suelo que alteran la composición del suelo, el metano producido en los procesos digestivos de los animales de granja, y el manejo de nutrientes para fines agrícolas.

Para el nivel BÁSICO+ se debe reportar todas las emisiones del sector AFOLU dentro de los límites de la ciudad en alcance 1.

Dada la naturaleza altamente variable de las emisiones agrícolas y el uso de suelo que atraviesa diversas áreas geográficas, las emisiones GEI del AFOLU se encuentran entre las categorías más complejas para la contabilidad de GEI.

Las pautas del IPCC dividen las actividades de AFOLU en tres categorías:

- Ganadería
- Suelo
- Fuentes agregadas y emisiones procedentes de fuentes de suelo distintas al CO₂

Existen múltiples metodologías que se pueden utilizar para cuantificar las emisiones de AFOLU, la orientación realizada y tomada en cuenta para el presente reporte, se rigió en base a los documentos de *“Pautas del IPCC de 2006 para los Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero”* y a la *“Guía sobre buenas prácticas del IPCC para el uso de suelo, cambio de uso de suelo y silvicultura”*.

El aporte del sector de AFOLU en el contexto de las emisiones de gases de efecto invernadero es de apenas un 0,5% de la compensación total. La escasa incidencia de este sector en el conjunto del inventario se vincula directamente con la reducida presencia de áreas no urbanas dentro de los límites de la ciudad. En este contexto, las actividades ganaderas no desempeñan un papel significativo, a diferencia de los inventarios nacionales donde la ganadería bovina suele ser un contribuyente importante.

En lo que respecta a las emisiones registradas para el año 2023, arrojó un valor de -17.084 toneladas de CO₂ equivalente (tCO₂e). Es fundamental resaltar que este resultado negativo indica que el sector no sólo no contribuyó a las emisiones totales de la ciudad, sino que, de hecho, actuó como un sumidero de carbono. Este fenómeno mitigador se da principalmente por el crecimiento de las especies arbóreas que se encuentran en Rosario, y que ejerce un impacto positivo al absorber emisiones, contrarrestando así el impacto global de la huella de carbono de la ciudad.

Ref GPC	Alcance	Fuentes de gases de efecto invernadero	Gases de Efecto Invernadero (tCO ₂ e)			
			CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CO ₂ e
V	1	AFOLU				
V.1	1	Emisiones de ganadería	-	50	4	54
V.2	1	Emisiones del uso del suelo	-17.152	-	-	-17.152
V.3	1	Emisiones de fuentes agregadas y fuentes de emisión no CO ₂ en la tierra	-	-	14	14

Tabla 32: Emisiones por subsector del sector AFOLU año 2023 según reporte GPC. Fuente: elaboración propia.

Las emisiones del sector para el año 2024 fueron de -17.139 tCO₂e, al igual que en el año

2023, el sector arroja un saldo negativo, generando una captura de carbono.

Ref GPC	Alcance	Fuentes de gases de efecto invernadero	Gases de Efecto Invernadero (tCO ₂ e)			
			CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CO ₂ e
V	1	AFOLU				
V.1	1	Emisiones de ganadería	-	50	4	54
V.2	1	Emisiones del uso del suelo	-17.194	-	-	-17.194
V.3	1	Emisiones de fuentes agregadas y fuentes de emisión no CO ₂ en la tierra	-	-	1	1

Tabla 33: Emisiones por subsector del sector AFOLU año 2024 según reporte GPC. Fuente: elaboración propia.

En el siguiente gráfico se pueden ver los tres subsectores, donde queda a la vista las escasas emisiones provenientes de la Ganadería y

Fuente agregadas y el componente mitigador del uso del suelo.

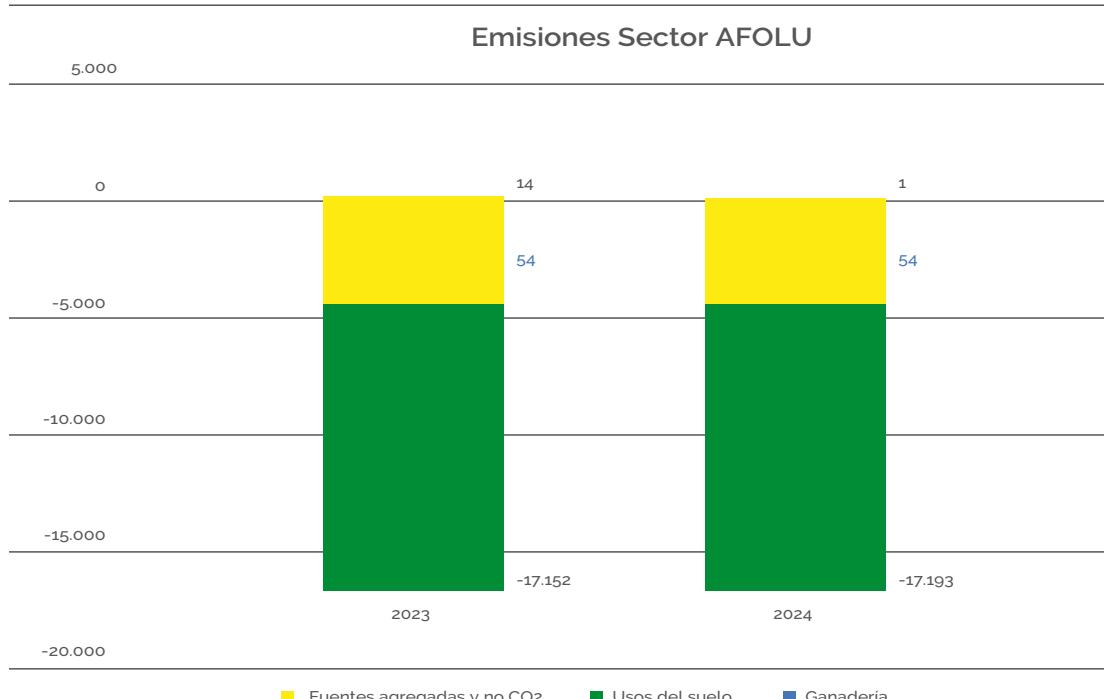


Gráfico 15: Emisiones por subsector de AFOLU en tCO₂e años 2023 y 2024. Fuente: Elaboración propia en base a datos de la Municipalidad de Rosario.

A continuación se presenta por separado la información más importante de cada uno de los subsectores.

Ganadería

En la recolección de datos se busca información sobre la ganadería de carne, ganadería de

leche y otros ganados. En la ciudad sólo se registra existencia significativa de aves de corral con cama para faena y para huevos. Existe un factor de emisión tanto de CH₄ y N₂O asociado a las emisiones directas por el manejo de estiércol. En la próxima tabla se puede observar los siguientes:

Dato	Valor	Unidad	Fuente
Factor de emisión de metano para aves de corral para faena. Clima templado.	0,00001	tCH ₄ / cabezas x año	3era CNCC 2006 2.1 Inventario. Otras ganaderías. IPCC 2006
Factor de emisión de metano para aves de corral para huevos. Clima templado.	0,00001	tCH ₄ / cabezas x año	3era CNCC 2006 2.1 Inventario. Otras ganaderías. IPCC 2006
Factor de emisiones directas de N ₂ O para aves de corral con cama.	0,00000014	tN ₂ O / cabezas x año	3era CNCC 2006 2.1 Inventario. Otras ganaderías. IPCC 2006
Factor de emisiones indirectas de N ₂ O para aves de corral con cama.	0000000056	tN ₂ O / cabezas x año	3era CNCC 2006 2.1 Inventario. Otras ganaderías. IPCC 2006

Tabla 34: Factor de emisión para diferentes tipos de cría de aves de corral. Fuente: Otras ganaderías. IPCC 2006.

Por relevamientos en galpones donde hay cría de aves para faena y otros para huevos, se llegó a las siguientes existencias anuales de producción, con valores aproximados que se mantienen para los años 2023 y 2024:

440.000 cabezas de aves de corral para faena
100.000 cabezas de aves de corral para huevos
Las emisiones contabilizadas para este subsector ascienden a 54 tCO₂e para 2023 y 2024.

Suelo

El Capítulo 2 del Volumen 4 de las Directrices del IPCC (2006) establece los principios metodológicos generales para estimar los cambios en las existencias de carbono y las emisiones o remociones de CO₂ asociadas a los distintos tipos de uso del suelo.

IPCC organiza la contabilidad del carbono en torno a seis categorías principales de uso: tierras forestales, tierras de cultivo, pastizales, humedales, asentamientos y otras tierras.

Cada categoría puede permanecer en el mismo uso o convertirse a otra, y en ambos casos pueden producirse variaciones en los reservorios de carbono que son los compartimientos donde el carbono se almacena o libera.

Estos reservorios son cinco:

- Biomasa aérea,
- Biomasa subterránea,
- Materia orgánica muerta (madera muerta y hojarasca),

- Carbono orgánico del suelo (SOC), y
- Carbono en productos de madera recolectada.

Para el presente inventario se estiman las emisiones y remociones por cambios en la biomasa aérea y subterránea; y en el carbono orgánico del suelo.

Los datos predeterminados sobre el cambio de existencias anual de carbono fueron obtenidos del reporte de inventario nacional del país, las emisiones de GEI reportadas por la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el cambio climático, el IPCC y otras estadísticas nacionales y provinciales. Por último, todos los cambios de existencias de carbono se suman a través de las categorías y se multiplican por 44/12 para convertir a emisiones de CO₂.

Cambios en las existencias de carbono en la biomasa (biomasa aérea y subterránea)

El IPCC divide el territorio en seis categorías de uso del suelo: tierras forestales, tierras de cultivo, pastizales, humedales, asentamientos y otras tierras.

Las emisiones y remociones de CO₂ se estiman a partir de los cambios en las existencias de carbono en la biomasa, tanto aérea como subterránea, reflejando los procesos de crecimiento vegetal, remoción o conversión de uso del suelo.

Para Rosario se aplicó el método de Nivel 1 (Tier 1) de las *Directrices del IPCC 2006*, que uti-

liza valores por defecto internacionales según tipo de cobertura y zona climática.

El cambio neto de carbono se calcula mediante el método de pérdidas y ganancias, expresado como: $\Delta\text{CB}=\Delta\text{CG}-\Delta\text{CL}$ donde ΔCG representa las ganancias por crecimiento de biomasa y ΔCL las pérdidas por tala, manejo, incendios o conversión de uso.

El IPCC distingue entre:

- Tierras que permanecen en la misma categoría, donde los cambios de carbono son graduales y reflejan procesos de crecimiento o mantenimiento de vegetación (como en parques y áreas verdes urbanas).
- Tierras que se convierten a otra categoría, donde los cambios son más abruptos y suelen generar emisiones por la remoción de biomasa, como ocurre en la expansión urbana o industrial.

Para identificar estas variaciones, se construyeron matrices de cambio de uso del suelo que permiten comparar las superficies por categoría entre 2022-2023 y 2023-2024, con el fin de detectar las tendencias recientes de transformación del suelo dentro del ejido urbano.

Los resultados obtenidos reflejan la pérdida de carbono en biomasa asociada principalmente a la urbanización y a la reducción de áreas con cobertura vegetal, mientras que las remociones o retenciones menores se concen-

tran en los espacios verdes consolidados y en el aumento de la biomasa del arbolado urbano.

El GPC recomienda que las ciudades adopten un método simplificado que consiste en multiplicar el cambio de existencias de C neto para diferentes categorías de usos de suelo (y el cambio de uso) por área de superficie.

La categorización de uso de suelo por área de superficie fue obtenida por datos de teledetección y relevamientos propios de la Municipalidad de Rosario. Para obtener estos usos de suelo se descargaron coberturas de suelo realizadas con clasificación supervisada a través de imágenes satelitales del satélite Sentinel-2 producidas por *Impact Observatory, Microsoft* y *Esri*²⁹, y luego a través de geoprocesos se obtuvieron los datos específicos para los límites de la ciudad de Rosario, para los años 2022, 2023 y 2024.

Cabe mencionar que el análisis realizado dio como resultado 7 tipos de usos de suelo (Agua, Cultivo, Forestal, Humedal, Pastizal, Suelo desnudo y Urbano). Estos usos fueron ajustados para coincidir con los utilizados en el inventario nacional: Bosque Nativo, Plantaciones Forestales, Pastizales, Cultivos, Asentamientos urbanos y otras tierras, y Cuerpos de agua.

A continuación se presentan los cambios de usos entre 2022-2023 y 2023-2024:

Uso de Suelo / Año	2023 (Sup en ha)	2024 (Sup en ha)
Agua	814.94	805,36
Cultivo	2.376,95	2.283,33
Forestal	260,79	261,23
Humedal	0,17	0,11
Pastizal	1.596,34	805,36
Suelo desnudo	9,89	9,36
Urbano	13.667,14	13.758

Tabla 35: Clasificación de uso de suelo y superficie en ha por año. Fuente: Elaboración propia en base a datos de la Municipalidad de Rosario.

²⁹ Karra, Kontgis, et al. "Global land use/land cover with Sentinel-2 and deep learning". IGARSS 2021-2021 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium. IEEE, 2021. En <https://www.arcgis.com/home/item.html?id=cfcb7609de5f478eb7666240902d4d3d>

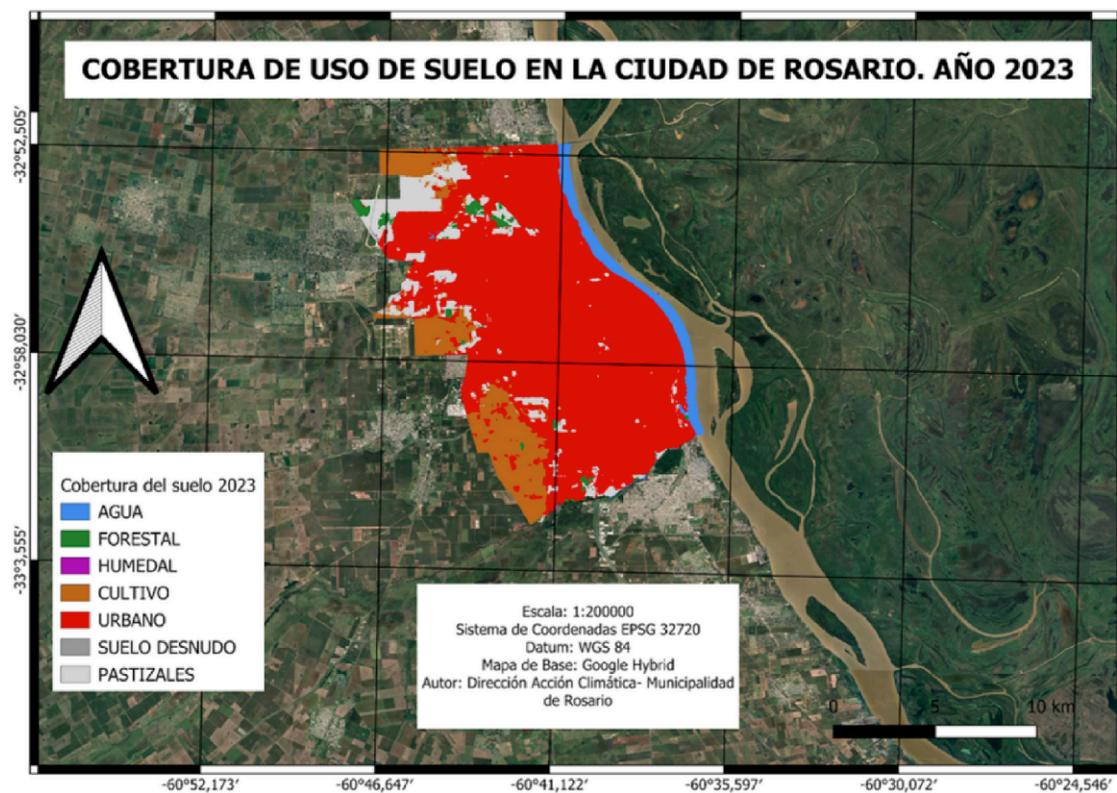


Imagen 1: Mapa de Uso de Suelo de la ciudad de Rosario año 2023. Escala 1:200000. Sistema de Coordenadas: EPSG 32720. Datum: WGS 84. Fuente: Elaboración propia en base a datos de la Dirección Acción Climática de la Municipalidad de Rosario.

2022/2023	Cultivo	Forestal	Humedal	Pastizal	Suelo Desnudo	Urbano	Aqua	Superficie Final
Cultivo	2.264.31	3.99	0,23	58,45	0,04	50,03	0,47	2.377,52
Forestal	7,7	116,45	0,07	129,16	0	7,17	0,24	260,79
Humedal	0	0	0,05	0,12	0	0	0	0
Pastizal	280,07	2,73	0,11	1.240,82	1,49	70,29	0,83	1.596,34
Suelo Desnudo	0	0	0	0	9,19	0,68	0,02	9,89
Urbano	111,25	3,16	0	112,57	0,65	13437	2,51	1.3667,14
Aqua	1,06	1,34	0	3,11	0,69	17,28	791,23	814,71
Superficie Inicial	2.664,39	127,67	0,46	1.544,23	12,06	13.582,45	795,3	

Tabla 36: Matriz de cambios de uso de suelo entre los años 2022/2023. Fuente: Elaboración propia en base a datos de la Municipalidad de Rosario. Valores resultados en rojo no fueron considerados dado que las transiciones no corresponden a dinámicas urbanas reales de la ciudad de Rosario.

2022/ 2023	Bosque Nativo	Planta- ciones Forestales	Pastizales	Cultivos	Asenta- mientos urbanos y otras tierras	Cuerpos de agua	Superficie Final
Bosque Nativo	-	-	-	-	-	-	-
Planta- ciones Forestales	-	116,45	129,23	7,70	-	0,24	253,62
Pastizales	-	2,73	1.241,10	280,07	-	0,83	1.524,73
Cultivos	-	3,99	58,68	2.264,31	-	0,47	2.327,45
Asenta- mientos urbanos y otras tierras	-	3,16	112,57	111,25	13.447,52	2,53	13.677,03
Cuerpos de agua	-	1,34	3,11	1,06	-	791,23	796,74
Superficie Inicial	-	127,67	1.544,69	2.664,39	13.447,52	795,30	-

Tabla 37: Matriz de cambios de uso de suelo ajustada según usos de suelo considerados a nivel nacional entre los años 2022/2023. Fuente: Elaboración propia en base a datos de la Municipalidad de Rosario.

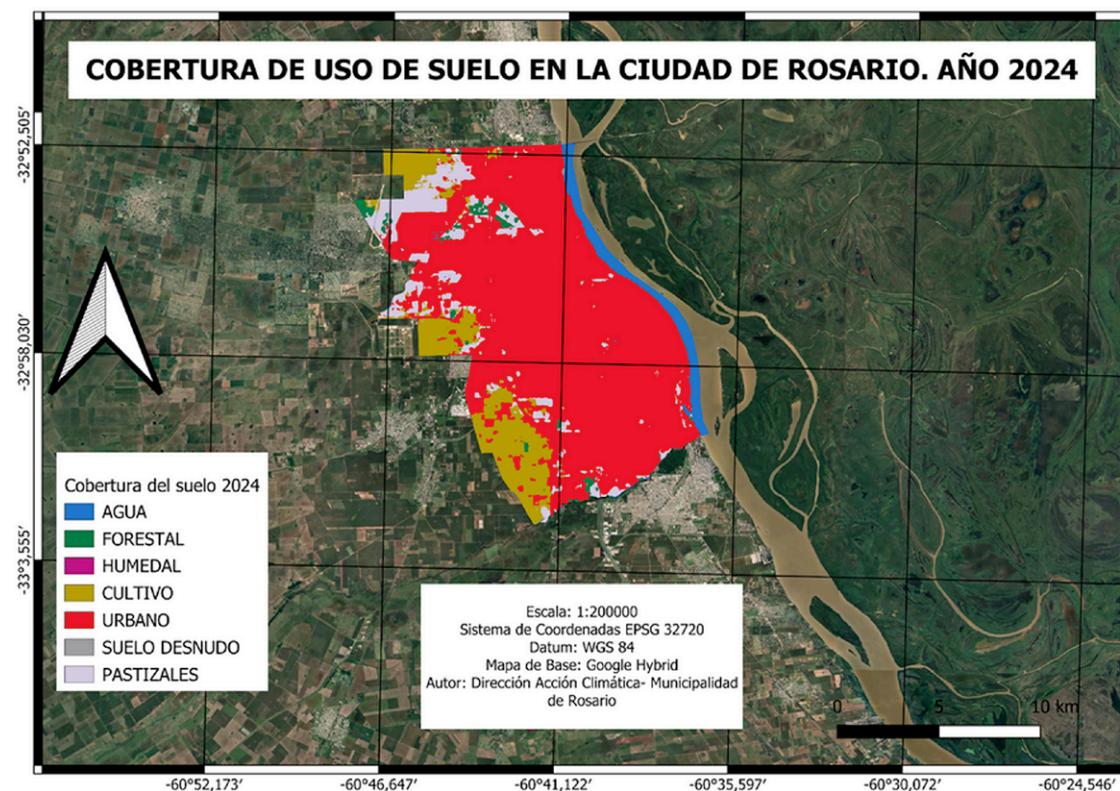


Imagen 2: Mapa de Uso de Suelo de la ciudad de Rosario año 2024. Escala 1:200000. Sistema de Coordenadas: EPSG 32720. Datum: WGS 84. Fuente: Elaboración propia en base a datos de la Dirección Acción Climática de la Municipalidad de Rosario.

2022/ 2023	Cultivo	Forestal	Humbral	Pastizal	Suelo Desnudo	Urbano	Agua	Superficie Final
Cultivo	2.105,51	3,99	0	126,07	0,37	46,72	0,67	2.283,33
Forestal	9,36	205,34	0	37,64	0	8,02	0,87	261,23
Humbral	0	0	0	0,09	0	0,02	0	0,11
Pastizal	142,05	42,32	0,07	1.331,25	0,01	89,45	3,05	1608,2
Suelo Desnudo	0	0	0	0	8,48	0,25	0,63	9,36
Urbano	119,24	7,5	0,07	100,5	1,03	13.517,7	12,59	13.758,63
Agua	0,79	1,64	0,03	0,79	0	4,98	797,13	805,36
Superficie Inicial	2.376,95	260,79	0,17	1.596,34	9,89	13.667,14	814,94	

Tabla 38: Matriz de cambios de uso de suelo entre los años 2023/2024. Fuente: Elaboración propia en base a datos de la Municipalidad de Rosario. Valores resaltados en rojo no fueron considerados dado que las transiciones no corresponden a dinámicas urbanas reales de la ciudad de Rosario.

2023/ 2024	Bosque Nativo	Planta- ciones Forestales	Pastizales	Cultivos	Asenta- mientos urbanos y otras tierras	Cuerpos de agua	Superficie Final
Bosque Nativo	-	-	-	-	-	-	-
Planta- ciones Forestales	-	205,34	37,64	9,36	-	0,87	253,21
Pastizales	-	42,32	1.331,41	142,05	-	3,05	1.518,83
Cultivos	-	3,99	126,07	2.105,51	-	0,67	2.236,24
Asenta- mientos urbanos y otras tierras	-	7,50	100,57	119,24	13.527,46	13,22	13.767,99
Cuerpos de agua	-	1,64	0,82	0,79	-	797,13	800,38
Superficie Inicial	-	260,79	1.596,51	2.376,95	13.527,46	814,94	18.576,65

Tabla 39: Matriz de cambios de uso de suelo ajustada según usos de suelo considerados a nivel nacional entre los años 2023/2024. Fuente: Elaboración propia en base a datos de la Municipalidad de Rosario.

Cambios en las existencias de carbono de los suelos

El IPCC establece que los suelos representan un reservorio fundamental de carbono y que los cambios en el uso o manejo del suelo pueden provocar pérdidas o aumentos significativos en sus existencias.

El cálculo de las variaciones de carbono del suelo se basa en la siguiente ecuación general:

$\Delta C_{\text{suelos}} = \Delta C_{\text{Minerales}} - L_{\text{Orgánicos}} + \Delta C_{\text{Inorgánicos}}$ donde el término $\Delta C_{\text{Minerales}}$ corresponde al carbono orgánico de los suelos minerales, el término $L_{\text{Orgánicos}}$ corresponde a pérdidas por suelos orgánicos drenados, y $\Delta C_{\text{Inorgánicos}}$ a los cambios en carbono inorgánico. Para este inventario solo se contemplan la variación carbono orgánico de los suelos minerales.

En el caso de los suelos minerales, el IPCC propone un método que permite estimar cómo cambia el carbono orgánico del suelo (SOC) a lo largo del tiempo cuando se modifica el uso o el manejo de la tierra.

El procedimiento consiste en comparar la cantidad de carbono almacenada en el suelo en dos momentos: antes y después del cambio. Para ello, se parte de un valor de referencia —que representa el contenido promedio de carbono del suelo en condiciones estables— y se lo ajusta mediante factores que reflejan tres aspectos:

- 1- El tipo de uso del suelo (por ejemplo, forestal, agrícola o urbano).
- 2- Las prácticas de manejo (intensivas, extensivas, sin laboreo, etc.).
- 3- La incorporación de materia orgánica o residuos vegetales.

El resultado de esta combinación permite estimar si el suelo ha ganado o perdido carbono durante el periodo considerado.

El IPCC asume, por defecto, que el suelo alcanza un nuevo equilibrio de carbono luego de 20 años desde el cambio de uso. Sin embargo, para este inventario no se cuenta con una serie de datos tan extensa. Por ese motivo, se tomó el año 2017 como referencia, y se estimaron los cambios de carbono comparando las coberturas de uso del suelo para 2023 y 2024.

De este modo, el periodo de transición se ajustó a 6 años para 2023 y 7 años para 2024, en lugar de los 20 años establecidos por defecto.

Para identificar las áreas que cambiaron o permanecieron en su misma categoría de uso,

se elaboraron matrices de cambio de uso del suelo que comparan las superficies entre 2017-2023 y 2017-2024.

Estas matrices permiten asignar a cada tipo de transición (por ejemplo, de pastizal a asentamiento) una estimación específica de ganancia o pérdida de carbono, reflejando los efectos del cambio de uso sobre el suelo urbano y periurbano de Rosario.

A continuación se presenta la cobertura de suelo en 2017 y las matrices de cambio entre 2017-2023 y 2017-2024:

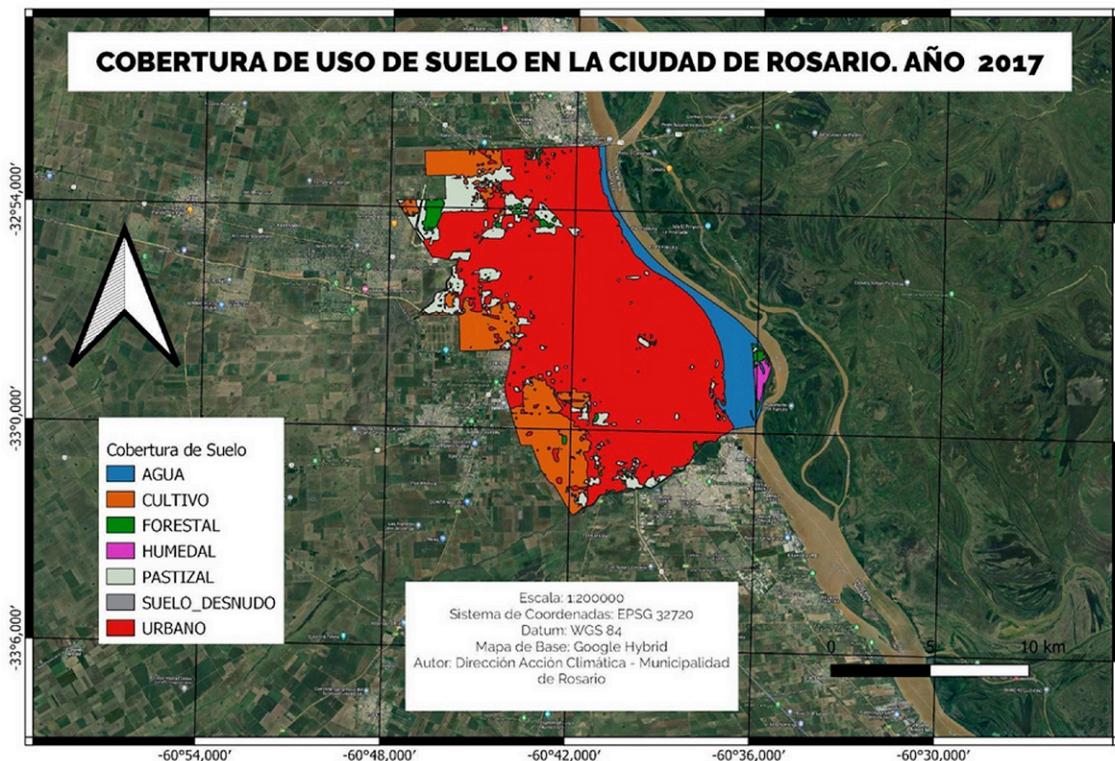


Imagen 3: Mapa de Uso de Suelo de la ciudad de Rosario año 2017 Escala 1:200000. Sistema de Coordenadas: EPSG 32720, Datum: WGS 84. Fuente: Elaboración propia en base a datos de la Dirección Acción Climática de la Municipalidad de Rosario

Uso de Suelo / Año	2017 (Sup en ha)
Agua	1.399,88
Cultivo	2.737,74
Forestal	304,8
Humeral	114,36
Pastizal	1.712,74
Suelo desnudo	13,23
Urbano	13.196,9

Tabla 40: Clasificación de uso de suelo y superficie en ha año 2017. Fuente: Elaboración propia en base a datos de la Municipalidad de Rosario.

2017/ 2023	Cultivo	Forestal	Humedal	Pastizal	Suelo Desnudo	Urbano	Agua	Superficie Final
Cultivo	2.177,02	11,26	0,56	131,86	1,47	51,99	4,19	25.08,74
Forestal	55,84	122,51	0,05	68,47	0	8,19	5,73	260,79
Humedal	0	0	0	0,05	0	0	0,12	0,17
Pastizal	227,59	102,02	1,6	1.205,47	5,15	50,54	3,97	15.96,34
Suelo Desnudo	0,43	0	0	1,47	6,69	1,3	0	9,89
Urbano	274,7	18,29	1,04	292,73	0,34	13.069,34	10,7	13.667,14
Agua	0,82	0,16	0,08	0,91	0,17	9,72	803,08	814,94
Superficie Inicial	2736,4	254,24	3,33	1.700,96	144,21	13.191,08	8.27,79	18.858,01
Cambio Neto	-227,66	6,55	-3,16	-104,62	-134,32	476,06	-12,85	

Tabla 41: Matriz de cambios de uso de suelo entre los años 2017/2023. Fuente: Elaboración propia en base a datos de la Municipalidad de Rosario. Valores resaltados en rojo no fueron considerados dado que las transiciones no corresponden a dinámicas urbanas reales de la ciudad de Rosario.

2017/ 2023	Bosque Nativo	Planta- ciones Forestales	Pastizales	Cultivos	Asenta- mientos urbanos y otras tierras	Cuerpos de agua	Superficie Final
Bosque Nativo	-	-	-	-	-	-	-
Planta- ciones Forestales	-	122,51	68,52	55,84	-	5,73	252,60
Pastizales	-	102,02	1.207,12	227,59	-	4,09	1.540,8
Cultivos	-	11,26	132,42	2.177,02	-	4,19	2.324,89
Asenta- mientos urbanos y otras tierras	-	18,29	295,24	275,13	13.077,67	10,70	13.677,03
Cuerpos de agua	-	0,16	0,99	0,82	-	803,08	805,05
Superficie Inicial	-	254,24	1.704,29	2.736,40	13.077,67	827,79	18.600,39

Tabla 42: Matriz de cambios de uso de suelo ajustada según usos de suelo considerados a nivel nacional entre los años 2017/2023. Fuente: Elaboración propia en base a datos de la Municipalidad de Rosario.

2017/ 2024	Cultivo	Forestal	Humbral	Pastizal	Suelo Desnudo	Urbano	Aqua	Superficie Final
Cultivo	2.101,35	7.39	0,07	139,28	2,05	31,13	2,06	2.283,33
Forestal	58,23	116,24	0,23	75,06	0	7,8	3,67	261,23
Humbral	0	0	0	0,09	0	0,02	0	0,11
Pastizal	0	0	0	1190,27	0,84	0	0	1.191,11
Suelo Desnudo	0,16	0	0	0,84	6,44	1,43	0,49	9,36
Urbano	329,41	19,92	0,77	295,05	0,45	13.099,76	13,27	13.758,63
Aqua	247,25	0,03	0,01	0,37	3,48	46,12	800,13	10.97,39
Superficie Inicial	2736,4	143,58	1,08	1.700,96	13,26	13.186,26	819,62	18.601,16
Cambio Neto	-453,07	117,65	-0,97	-509,85	-3,9	572,37	277,77	

Tabla 43: Matriz de cambios de uso de suelo entre los años 2017/2024. Fuente: Elaboración propia en base a datos de la Municipalidad de Rosario. Valores resaltados en rojo no fueron considerados dado que las transiciones no corresponden a dinámicas urbanas reales de la ciudad de Rosario.

2017/ 2024	Bosque Nativo	Planta- ciones Forestales	Pastizales	Cultivos	Asenta- mientos urbanos y otras tierras	Cuerpos de agua	Superficie Final
Bosque Nativo	-	-	-	-	-	-	-
Planta- ciones Forestales	-	116,24	75,29	58,23	-	3,67	253,43
Pastizales	-	-	1.190,36	-	-	-	1.190,36
Cultivos	-	7,39	139,35	2.101,35	-	2,06	2.250,15
Asenta- mientos urbanos y otras tierras	-	19,92	296,66	329,57	13.108,08	13,76	13.767,99
Cuerpos de agua	-	0,03	0,38	247,25	-	800,13	1.047,79
Superficie Inicial	-	143,58	1.702,04	2.736,40	13.108,08	819,62	18.509,72

Tabla 44: Matriz de cambios de uso de suelo ajustada según usos de suelo considerados a nivel nacional entre los años 2017/2024. Fuente: Elaboración propia en base a datos de la Municipalidad de Rosario.

Resultados usos de suelo

A continuación se presentan los resultados para los años 2023 y 2024 para cada uno de los

usos de suelo. El crecimiento de la masa arbórea en el suelo urbano explica la absorción de emisiones neta que arroja este sector.

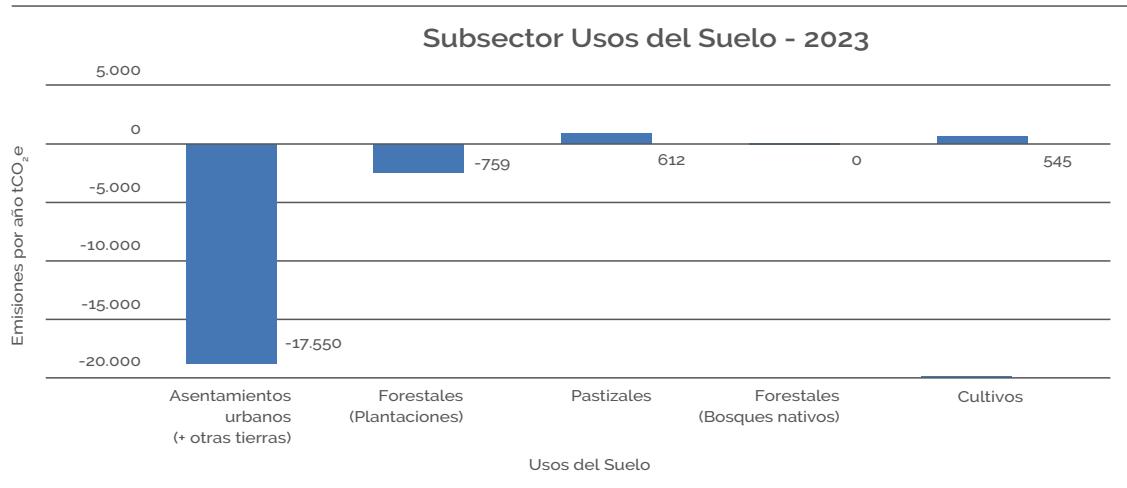


Gráfico 16: Emisiones de los diferentes usos del suelo tCO₂e año 2023. Fuente: Elaboración propia en base a datos de la Municipalidad de Rosario.

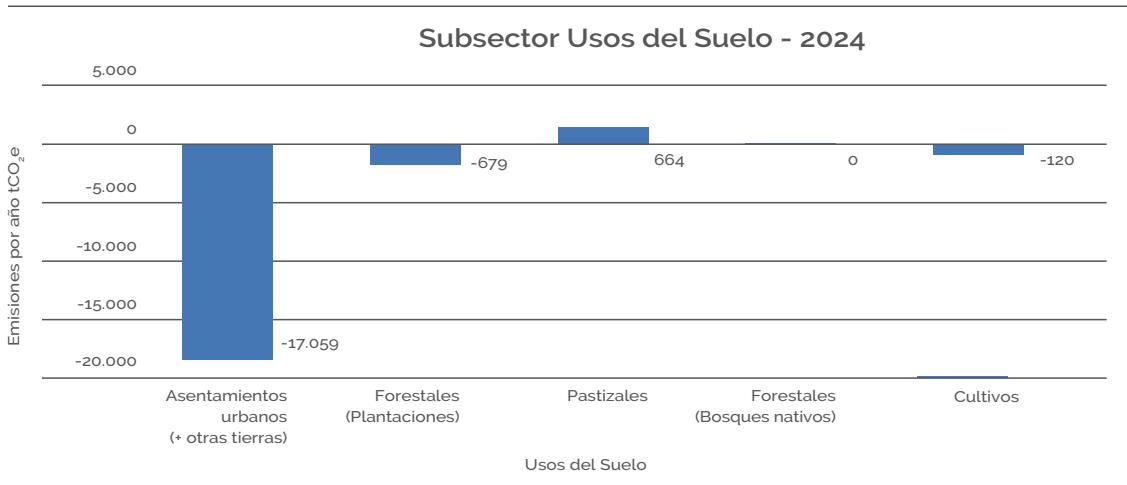


Gráfico 17: Emisiones de los diferentes usos del suelo tCO₂e año 2024. Fuente: Elaboración propia en base a datos de la Municipalidad de Rosario.

Otras fuentes agregadas

A continuación se detallan otras fuentes de emisiones de GEI provenientes del suelo necesarias para el reporte del IPCC. Las mismas incluyen la quema de biomasa, el uso de fertilizantes, aplicación de cal, y urea, las cuales pueden componer una parte de emisiones de la ciudad.

Quema de biomasa: cuando la biomasa se quema sin recuperación de energía, como ocurre

en quemas periódicas de terreno o incendios no controlados, las emisiones de GEI deben reportarse dentro del sector AFOLU. Para el presente inventario no se estimaron las quemas de biomasa.

Aplicación de cal:

La aplicación de cal se usa para reducir la acidez del suelo y mejora el crecimiento de plantas en sistemas gestionados. La adición de carbonatos en forma de cal (carbonato de calcio o

dolomita) genera emisiones de CO₂, debido a que la cal se disuelve, libera bicarbonato que se convierte en CO₂ y H₂O. No se registra aplicación de cal en las producciones agrícolas de Rosario por lo que se consideran nulas.

Aplicación de urea:

El uso de urea como fertilizante genera emisiones de CO₂ que se fijaron durante el proceso de producción industrial. La urea en contacto con el agua y enzimas ureasas se convierte en amonio, ión hidroxilo y bicarbonato. Luego el bicarbonato se convierte en CO₂ y H₂O. No se registra aplicación de urea en las producciones agrícolas de Rosario por lo que se consideran nulas.

Emisiones directas e indirectas de N₂O directo proveniente de suelos gestionados:

El N₂O se produce principalmente por los procesos de nitrificación y desnitrificación del nitrógeno presente en el suelo. Estos procesos se intensifican cuando se incorporan fuentes de

nitrógeno, por ejemplo, fertilizantes sintéticos, estiércoles o residuos de cultivos, que incrementan la disponibilidad de nitrógeno mineral susceptible de transformarse y liberarse a la atmósfera.

El IPCC distingue entre emisiones directas y emisiones indirectas de N₂O:

- Emisiones directas: se liberan en el mismo sitio donde se aplica el nitrógeno, principalmente por la aplicación de fertilizantes sintéticos y por la descomposición de residuos de cosecha incorporados al suelo.

- Emisiones indirectas: ocurren fuera del sitio de aplicación y provienen de la volatilización de compuestos nitrogenados (amoníaco y óxidos de nitrógeno) y su posterior redeposición, así como de la lixiviación y el escurrimiento de nitratos hacia cuerpos de agua, donde también se generan emisiones de N₂O.

Para el presente inventario, se obtuvo el siguiente registro de superficies cultivadas y el uso o no de fertilizantes según las recetas de aplicaciones fiscalizadas por la Municipalidad.

Superficies cultivadas dentro de los límites del municipio	Año 2023 (ha)	Año 2024 (ha)	Aplicación de fertilizante con N
Hectáreas cultivadas de trigo dentro de los límites del municipio	141,2	271	No
Hectáreas cultivadas de soja dentro de los límites del municipio	499,4	786,5	No
Hectáreas cultivadas de maíz dentro de los límites del municipio	374,1	161,5	No
Hectáreas cultivadas de sorgo dentro de los límites del municipio	35,9	0	No
Hectáreas cultivadas de sorgo fertilizadas dentro de los límites del municipio	11	0	SI
Hectáreas cultivadas de flores dentro de los límites del municipio	1,4	1,4	No
Hectáreas cultivadas hortícolas convencional de los límites del municipio	261,5	275,76	No
Hectáreas cultivadas hortícolas agroecológicas de los límites del municipio	44,7	41,7	No
Hectáreas cultivadas extensivas agroecológicas y no agroecológicas de los límites del municipio (alfalfa)	76,3	91,75	No

Tabla 45: Hectáreas cultivadas por categoría en Rosario en los años 2023 y 2024. Fuente: Elaboración propia en base a datos de la Municipalidad de Rosario.

Emisiones	2023 (tCO ₂ e)	2024 (tCO ₂ e)
N ₂ O directo de suelos trabajados por aplicación de fertilizantes	13	0
N ₂ O directo de suelos trabajados por residuos de cosecha	1	1
N ₂ O indirecto de suelos trabajados por volatilización de fertilizantes	0	0
N ₂ O indirecto de suelos trabajados por volatilización de fertilizantes	0	0

Tabla 46: Emisiones por fuentes directas e indirectas de N₂O proveniente de suelos gestionados 2023 y 2024. Fuente: Elaboración propia en base a datos de la Municipalidad de Rosario.

Glosario

(GEI) Emisiones de gases de efecto invernadero: Son aquellas emisiones de gases que contribuyen al calentamiento global y al cambio climático.

(CO₂) dióxido de carbono, gas de efecto invernadero.

(N₂O) óxido nitroso, gas de efecto invernadero.

(CH₄) metano, gas de efecto invernadero.

(tCO₂e) unidad de medida expresa la cantidad de toneladas de dióxido de carbono equivalente emitidas.

(GPC) Protocolo Global para Inventarios de Emisión de Gases de Efecto Invernadero a Escala Comunitaria : Es una herramienta que permite a las ciudades y regiones medir y reportar sus emisiones de GEI de manera estandarizada y comparable.

Metodologías de cálculo de emisiones de GEI: Son las fórmulas, los datos de la actividad y los factores de emisión necesarios para cuantificar las emisiones de GEI.

(IPCC) Panel Intergubernamental de Cambio Climático: Es una organización científica internacional encargada de evaluar la información científica, técnica y socioeconómica relevante para la comprensión del cambio climático.

(PCG) Potencial de calentamiento global: Es una medida de la capacidad de un gas para atrapar el calor en la atmósfera y contribuir al calentamiento global. Se expresa en términos de la cantidad de CO₂ que tendría el mismo efecto sobre el clima durante un período de tiempo determinado. Sector: Es una categoría que agrupa actividades económicas similares. En el contexto del inventario, se utilizan los siguientes sectores: energía, transporte, residuos, agricultura, industria y uso de suelo y forestación.

Subsector: Es una categoría más específica que agrupa actividades económicas similares dentro de un sector. Por ejemplo, dentro del sector de transporte, se pueden identificar subsectores como transporte público, transporte privado y transporte de carga.

(AFOLU) Agricultura, silvicultura y otros usos de suelo: Es un sector que produce emisiones de GEI a través de una variedad de vías, incluidos los cambios de uso de suelo que alteran la composición del suelo, el metano producido en los procesos digestivos de los animales.

(IPPU) Procesos Industriales y Uso de Productos: Es un sector que incluye las emisiones de gases de efecto invernadero que se producen durante la fabricación de productos químicos, metálicos y otros materiales, así como durante el uso de productos como refrigerantes y aerosoles.

Anexo I

Tabla de Resultados Inventario 2023

Ref GPC	Fuentes de gases de efecto invernadero	Total GEIs (toneladas CO ₂ e)					
		Inducido por la ciudad					Territorial
		Alcance 1	Alcance 2	Alcance 3	Básico	Básico+	
I	ENERGÍA	758.481	565.220	122.196	1.323.701	1.445.896	758.481
II	TRANSPORTE	1.076.581	450	38.571	1.074.467	1.113.038	1.076.581
III	RESIDUOS	298.004		351.734	649.739	649.739	298.004
IV	PROCESOS INDUSTRIALES Y USO DE PRODUCTOS (IPPU)	-				NE	-
V	AGRICULTURA, SILVICULTURA Y CAMBIO EN EL USO DEL SUELO (AFOLU)	-17.084				-17.084	-17.084
TOTAL		2.113.418	565.670	512.501	3.047.906	3.191.589	2.113.418
I	ENERGÍA						
I.1	Edificios residenciales	437.852	263.165	56.894	701.017	757.911	437.852
I.2	Edificios e instalaciones comerciales e institucionales	84.887,00	188.984	40.857	273.872	314.729	84.887,00
I.3	Industrias de fabricación y construcción	105.256,00	105.635	22.837	210.891	233.728	105.256,00
I.4	Industrias de energía	NO	3.411	737	3.411	4.149	NO
I.5	Actividades de agricultura, silvicultura y pesca	117.115,00	412	89	11.527	117.616	117.115,00
I.6	Fuentes no especificadas	NO	3.612	781	3.612	4.393	NO
I.7	Emisiones fugitivas de la minería, procesamiento, almacenamiento y transporte de carbón	NO			NO	NO	NO
I.8	Las emisiones fugitivas de los sistemas de petróleo y gas natural	13.370			13.370	13.370	13.370
SUBTOTAL		758.480	565.219	1122.195	1.323.701	1.445.896	758.480

II	TRANSPORTE						
Enfoque utilizado para el cálculo: Venta de Combustible							
II.1	Terrestre en carretera/rodoviario	1.052.471	450	97	1.052.921	1.053.018	1.052.471
II.2	Transporte ferroviario	20.528	NO	NE	20.528	20.528	20.528
II.3	Navegación	1.018	NO	2.564	1.018	3.582	1.018
II.4	Aviación	NO	NO	35.910	-	35.910	NO
II.5	Off-road	IE	IE	NE	-		IE
SUBTOTAL		1.074.017	450	38.571	1.074.467	1.113.038	1.074.017
III	RESIDUOS						
Enfoque utilizado para el cálculo: FOD RICARDONE - MC BELLA VISTA							
III.1	Residuos Sólidos	212.247		351.734	563.982	563.982	212.247
III.2	Tratamiento Biológico	518		NO	518	518	518
III.3	Incineración	NE		NE	-	-	-
III.4	Tratamiento y eliminación de aguas residuales	85.239		NO	85.239	85.239	85.239
SUBTOTAL		298.004		351.734	649.739	649.739	298.004
IV	PROCESOS INDUSTRIALES Y USO DE PRODUCTOS (IPPU)						
IV.1	Emisiones dentro de los límites del municipio de los procesos industriales.	NE				NE	NE
IV.2	Emisiones dentro de los límites del municipio de los usos de productos.	NE				NE	NE
SUBTOTAL		NE				NE	NE
V	AGRICULTURA, SILVICULTURA Y CAMBIO EN EL USO DEL SUELO (AFOLU)						
V.1	Emisiones de ganadería dentro de los límites del municipio	54				54	54
V.2	Emisiones del uso del suelo dentro de los límites del municipio	-17.152				-17.152	-17.152
V.3	Emisiones de fuentes agregadas y fuentes de emisión no CO ₂ en la tierra dentro de los límites del municipio	14				14	14
SUBTOTAL		-17.084				-17.084	-17.084
VI	OTRAS EMISIONES INDIRECTAS						
	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE

Tabla de Resultados Inventario 2024

Ref GPC	Fuentes de gases de efecto invernadero	Total GEIs (toneladas CO2e)						Territorial	
		Inducido por la ciudad							
		Alcance 1	Alcance 2	Alcance 3	Básico	Básico+			
I	ENERGÍA	771.684	536.317	110.503	1.308.001	1.418.504	771.684		
II	TRANSPORTE	952.635	380	26.713	953.015	979.728	952.635		
III	RESIDUOS	292.613		357.020	649.633	649.633	292.613		
IV	PROCESOS INDUSTRIALES Y USO DE PRODUCTOS (IPPU)	NE				NE	NE		
V	AGRICULTURA, SILVICULTURA Y CAMBIO EN EL USO DEL SUELO (AFOLU)	-17.139				-16.912.45	-17.139		
TOTAL		1.999.793	536.698	494.235	2.910.649	3.030.726	1.999.793		
I	ENERGÍA								
I.1	Edificios residenciales	495.534	247.921	51.081	743.455	794.536	495.534		
I.2	Edificios e instalaciones comerciales e institucionales	83.211	182.950	37.695	266.160	303.855	83.211		
I.3	Industrias de fabricación y construcción	86.488	98.384	20.271	184.872	205.143	86.488		
I.4	Industrias de energía	NO	3.129	645	3.774	3.774	NO		
I.5	Actividades de agricultura, silvicultura y pesca	92.716	531	109	93.247	93.356	92.716		
I.6	Fuentes no especificadas	NO	3.402	701	3.402	4.103	NO		
I.7	Emisiones fugitivas de la minería, procesamiento, almacenamiento y transporte de carbón	NO			-	-	NO		
I.8	Las emisiones fugitivas de los sistemas de petróleo y gas natural	13.735			13.735	13.735	13.735		
SUBTOTAL		771.684	536.317	110.503	1.308.001	1.418.504	771.684		

II	TRANSPORTE						
Enfoque utilizado para el cálculo: Venta de Combustible							
II.1	Terrestre en carretera/rodoviario	940.924	380	78	941.304	941.383	940.924
II.2	Transporte ferroviario	11.711	NO	NE	11.711	11.711	11.711
II.3	Navegación	NO	NO	26.635	NO	26.635	NO
II.4	Aviación	NO	NO	35.910	NO	35.910	NO
II.5	Off-road	IE	NO	NE	IE	IE	IE
SUBTOTAL		952.635	380	26.713	953.015	979.728	952.635
III	RESIDUOS						
Enfoque utilizado para el cálculo: FOD RICARDONE - MC BELLA VISTA							
III.1	Residuos Sólidos	206.588		357.020	563.608	563.608	206.588
III.2	Tratamiento Biológico	383		NO	383	383	383
III.3	Incineración	NE		NE	NE	NE	NE
III.4	Tratamiento y eliminación de aguas residuales	85.642		NO	85.642	85.642	85.642
SUBTOTAL		292.613		357.020	649.633	649.633	292.613
IV	PROCESOS INDUSTRIALES Y USO DE PRODUCTOS (IPPU)						
IV.1	Emisiones dentro de los límites del municipio de los procesos industriales.	NE				NE	NE
IV.2	Emisiones dentro de los límites del municipio de los usos de productos.	NE				NE	NE
SUBTOTAL		NE				NE	NE
V	AGRICULTURA, SILVICULTURA Y CAMBIO EN EL USO DEL SUELO (AFOLU)						
V.1	Emisiones de ganadería dentro de los límites del municipio	54				54	54
V.2	Emisiones del uso del suelo dentro de los límites del municipio	-17.194				-17.194	-17.194
V.3	Emisiones de fuentes agregadas y fuentes de emisión no CO ₂ en la tierra dentro de los límites del municipio	1				1	1
SUBTOTAL		-17.139				-17.139	-17.139
VI	OTRAS EMISIONES INDIRECTAS						
	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE

Autoridades, sistematización y elaboración del reporte

Intendencia de Rosario

Pablo Javkin

Secretaría de Ambiente y Espacio Público

Luciano Marelli

Subsecretaría de Mantenimiento Urbano

Jonatan Pablo Pérez

Dirección Gral de Acción Climática y Calidad Ambiental

Andrea Paoloni. Directora general

Fernando Bertoni. Subdirector general

Dirección de Acción Climática

Emanuel Ayala

Agradecemos a las siguientes áreas municipales sus aportes:

Dirección General de Residuos

Cinturon Verde

Agradecimientos

Desde la Secretaría de Ambiente y Espacio Público, la Subsecretaría de Acción Climática y Transición Ecológica Justa y la Dirección General de Acción Climática y Calidad Ambiental, agradecemos la colaboración de las siguientes instituciones que aportaron información para llevar adelante el Inventarios de GEI de la ciudad de Rosario:

Empresa Litoral Gas S.A
EPE - Empresa Provincial de la Energía de Santa Fe
Aguas Santafesinas Sociedad Anónima



rosario.gob.ar
rosarionoticias.gob.ar



Municipalidad
de Rosario