

Inventario de gases de efecto invernadero (GEI) de Magdalena, Provincia de Buenos Aires, Argentina

Autor: Felipe Santiago Calonge

Introducción:

El cambio climático es una realidad ineludible, y su enfrentamiento incluye a las actuales y las futuras generaciones. En este sentido, la actividad antrópica está generando innumerables fuentes de emisión de GEI (dióxido de carbono, metano y óxido nitroso, entre otros) y su creciente acumulación está modificando la dinámica climática mundial. Este efecto es irreversible y su adaptación depende de las actividades que realicen las comunidades y el efecto sobre el entorno. Para el mismo, se requiere de un cambio cultural profundo y la formulación de políticas a largo plazo.

Lo antedicho demuestra la importancia de que cada localidad pueda generar su inventario de GEI, y con este indicador en mano, determinar las fuentes de emisión y generar medidas de mitigación y adaptación al cambio climático.

Como antecedentes, podemos citar el inventario de GEI realizado a nivel nacional por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sustentable de La Nación; y a nivel local el caso de la ciudad de Rosario.

Objetivos:

- Generar un inventario de gases de efecto invernadero (GEI) en el ámbito del partido de Magdalena.
- Analizar las fuentes de emisión de GEI en el área de estudio.
- Brindar indicadores para generar políticas públicas a largo plazo.

Metodología (tomado del protocolo del IPCC):

Para realizar el inventario de GEI se empleó el enfoque que contabiliza las emisiones de las actividades de producción y consumo que tienen lugar dentro de los límites del partido de Magdalena, incluyendo algunas emisiones generadas fuera de localidad que afectan al área de estudio.

Se aclara que sólo se tomaron distintas ítems de análisis del protocolo del IPCC (Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático); (e.g: Magdalena no tiene rutas aéreas, puertos comerciales, vías ferroviarias activas, industrias siderúrgicas, entre otras). El protocolo completo se puede hallar en la bibliografía al final del inventario.

El inventario consta de 3 partes:

- 1º parte: presenta los principios de contabilidad de los GEI, establece la forma de definir los límites del inventario.
- 2º parte: establece la contabilidad general y de sectores específicos y las pautas para recopilar datos y calcular las emisiones, incluyendo los métodos de cálculo y las ecuaciones.

- 3° parte: muestra cómo los inventarios pueden ser empleados para generar medidas de mitigación.

1° Parte

Definición del límite de inventario y fuentes de emisión

El límite del inventario es la localidad de Magdalena, el mismo es el límite político definido que separa los partidos de La Plata, Brandsen, Punta Indio y Chascomús. El período de tiempo es de Abril de 2017 a Abril de 2018, inclusive.

Las emisiones de GEI se pueden clasificar en:

- Energía estacionaria: Edificios residenciales; edificios e instalaciones comerciales e institucionales; fuentes no especificadas (e.g establecimientos militares) construcción e industrias manufactureras; industrias energéticas; actividades agrícolas, de silvicultura y de pesca; emisiones fugitivas provenientes de la minería, el procesamiento, el almacenamiento y el transporte de carbón; emisiones fugitivas provenientes de los sistemas de petróleo y gas natural.
- Transporte: carretera; navegación marítima y fluvial.
- Residuos: disposición de residuos sólidos; incineración y quema a cielo abierto; tratamiento y vertido de aguas residuales.
- Procesos industriales y uso de productos (IPPU): procesos industriales; uso de productos.
- Agricultura, silvicultura y otros usos del suelo (AFOLU): ganadería; suelo; fuentes agregadas y emisiones procedentes de fuentes del suelo distintas al CO₂

Categorización de las emisiones: Se clasifican en 3 tipos, según el lugar donde se producen:

- Alcance 1: Emisiones de GEI provenientes de fuentes situadas dentro de los límites de la localidad.
- Alcance 2: Emisiones de GEI que se producen como consecuencia de la utilización de energía, calor, vapor y/o refrigeración suministrados en red dentro de los límites de la localidad.
- Alcance 3: El resto de las emisiones de GEI que se producen fuera de los límites de la ciudad, tienen como resultado de las actividades que tienen lugar dentro de los límites de la ciudad.

Requisitos de reporte

Para reportar las emisiones, se pueden utilizar 2 enfoques distintos pero complementarios:

- Marco de alcances: permite a la ciudades reportar de modo completo todas las emisiones de GEI atribuibles a las actividades que ocurren dentro de los límites geográficos de la ciudad al categorizar las fuentes de emisión en fuentes que ocurren dentro del límite (alcance 1 o territoriales), fuentes provenientes de la energía suministrada por la red (alcance 2) y fuentes fuera del límite (alcance 3). El alcance 1 permite un enfoque territorial para agregar los inventarios de otras ciudades de manera coherente con el reporte de GEI a nivel nacional.

- Marco según la ciudad: mide las emisiones de GEI atribuibles a las actividades que ocurren dentro del límite geográfico de la ciudad. Esto cubre las fuentes de emisión de alcance 1,2 y 3 seleccionadas. Brinda 2 niveles de reporte que demuestran distintos niveles de integridad; el nivel **Básico** cubre las fuentes de emisión que ocurren en casi todas las ciudades (Energía estacionaria, transporte y desechos generados dentro del límite) y los métodos de cálculo y datos están disponibles más fácilmente. El nivel **Básico +** tiene una cobertura más completa de las fuentes de emisiones (fuentes de nivel Básico más IPPU, AFOLU, transporte transfronterizo, pérdidas de transmisión y distribución de energía. Este último marco se empleó para realizar el presente inventario.

Descripción general del cálculo

Para obtener las emisiones por actividad se estimaron las mismas multiplicando los datos de actividad por un factor de emisión asociado con la actividad que se mide. Los datos de actividad son una medida cuantitativa de un nivel de actividad que da lugar a emisiones de GEI que tienen lugar durante un período de tiempo determinado (e.g: el volumen de gas utilizado, los kilómetros recorridos, las toneladas de residuos enviadas a relleno sanitario, entre otros). Un factor de emisión es una medida de la masa de las emisiones de GEI con respecto a una unidad de actividad. Para el cálculo de las emisiones se emplea la siguiente ecuación:

Emisiones de GEI: Datos de la actividad x factor de emisión

Incertidumbre

El apartado anterior demuestra un modelo de simplificación de un sistema real complejo, por lo cual no es exacto. Al no tener en cuenta esta falta de exactitud se pueden obtener resultados no representativos de la realidad. Por ende, a cada ítem analizado se añade un porcentaje sugerido por IPCC para disminuir la incertidumbre y aproximarse a los valores de la realidad.

2° Parte

Fuentes de emisión

1. Energía estacionaria

Categorización de las emisiones del sector de la energía estacionaria por alcance:

Alcance 1: Emisiones procedentes de la quema de combustible y las emisiones fugitivas de la ciudad: incluye las emisiones procedentes de la quema de combustibles en edificios e industrias. El límite del inventario puede contener zonas no urbanas que incluyan actividades agrícolas, forestales o pesqueras. Las emisiones provenientes de la quema de combustibles estacionaria de estas actividades, son catalogadas de alcance 1.

Alcance 2: Emisiones procedentes del consumo de energía, vapor, calefacción y refrigeración suministrados en red en la ciudad: Normalmente, el consumo de electricidad es la mayor fuente de emisiones de Alcance 2. Se produce cuando los edificios e

instalaciones de la ciudad consumen electricidad a partir de las redes locales, provinciales y nacionales.

Alcance 3: Pérdidas de distribución de energía, vapor, calefacción, y refrigeración suministrados en red a la ciudad: las emisiones de alcance 3 incluyendo las pérdidas de transmisión y distribución del consumo de energía, vapor, calefacción y refrigeración suministrados en red en una ciudad

1. Cálculo de las emisiones estacionarias de la combustión de combustibles: se calcula multiplicando el consumo de combustible (datos por actividad) por los factores de emisión correspondientes para cada combustible. Se distinguen los siguientes ítems:
 - Edificios e instalaciones residenciales, comerciales e institucionales: proporcionan los servicios públicos para cubrir la necesidades de la comunidad, incluyendo seguridad, protección, recreación, deporte, educación, administración pública, entre otros. Esto incluye los edificios y establecimientos comerciales, tales como tiendas minoristas, oficinas; edificios institucionales, tales como escuelas, hospitales, policía, oficinas municipales; y servicios como el alumbrado público en calles y caminos secundarios, abastecimiento de agua, recolección y tratamiento de residuos.
 - Industrias manufactureras y de la construcción: incluye el uso de energía de las industrias manufactureras y las actividades de construcción. La quema de combustible se produce en equipos estacionarios, incluidas calderas, hornos, quemadores, turbinas, motores, entre otros.
 - Industrias energéticas: Las industrias incluyen a la producción de energía suministrada a una red para la generación de electricidad o utilizada en el sitio para el uso de energía auxiliar.
 - Actividades agrícolas, de silvicultura y de pesca: abarca las emisiones de GEI procedentes de la quema directa de combustible en las actividades agrícolas, que incluye el cultivo de plantas y crianza de animales, las actividades de forestación y/o reforestación, y las actividades de pesca. Normalmente estas emisiones provienen de la operación de las maquinarias y vehículos agrícolas, bombas, motores, calentadores, refrigeradores, entre otros.
 - Fuentes no especificadas: incluye las emisiones provenientes de la quema directa de combustible para unidades estacionarias en establecimientos militares.

2. Cálculo de las emisiones provenientes del consumo de energía suministrada en red: la electricidad es la forma más común de energía suministrada en red, que se utiliza en todos los hogares, oficinas, otros edificios e iluminación del espacio público. El uso de energía suministrada en red conlleva emisiones producidas en instalaciones de generación externas a las instalaciones de consumo. Dependiendo de la ciudad y la estructura de la red, estos generadores de energía pueden estar situados fuera de los límites geográficos en varios lugares vinculados o exportando a la red regional, o de generadores ubicados dentro del límite de la ciudad.
 - Métodos de cálculo basados en la localización y el mercado: Con las redes regionales de la red, los consumidores de energía pueden evaluar las emisiones

de su consumo en función de 2 métodos: basado en la localización y el mercado. Ambos métodos sirven para asignar las emisiones desde un punto de generación de energía para las ubicaciones definidas incluyendo límites de partido, subnacionales o nacionales.

- Cálculo de las emisiones eléctricas suministradas en red: la electricidad es la forma más común de energía suministrada en red, que se utiliza en todos los hogares, oficinas, otros edificios e iluminación del espacio público. Para ello se requiere de:
 - a) Datos de consumo reales procedentes de los proveedores de servicios públicos, desglosados por tipo de edificio o instalación urbanizable para la energía estacionaria.

3. Cálculo de las emisiones de pérdida de distribución y transmisión: Durante la transmisión y distribución de electricidad en una red, parte de la energía producida en central eléctrica se pierde durante el suministro al consumidor final. El cálculo de estas emisiones requiere de un factor de pérdida en la red.

2. Transporte

Categorización de las emisiones del transporte por alcance

El tránsito de la ciudad por tierra, tren, agua o aire puede estar completamente contenido dentro de los límites de la ciudad (e.g., una ruta de ómnibus solo por la ciudad) o más a menudo, cruzará límites de la ciudad en las comunidades vecinas. En nuestro caso, solo se contabilizaron viajes terrestres. En general, existen 4 tipos de viajes fronterizos:

- a) Los viajes que se originan en la ciudad y terminan fuera de la ciudad.
- b) Los viajes que se originan fuera de la ciudad y terminan en la ciudad.
- c) Tránsito regional (por lo general, los ómnibus) con paradas intermedias (o múltiples paradas) dentro de la ciudad.
- d) Los viajes que pasan por la ciudad, con origen y destino fuera de la ciudad.

La cuantificación de las emisiones de transporte deben reflejar los siguientes alcances:

Alcance 1: Emisiones provenientes del transporte dentro de la ciudad: incluye todas las emisiones de GEI provenientes del transporte de personas y mercancías que ocurren dentro de los límites de la ciudad.

Alcance 2: Emisiones provenientes de la electricidad suministrada en red utilizada en la ciudad para el transporte. No se encuentran vehículos que estén incluidos en este alcance.

Alcance 3: Emisiones provenientes de la porción de los desplazamientos transfronterizos generados fuera de la ciudad, y pérdidas de transmisión y distribución de energía suministrada en red del uso de vehículos eléctricos: esto incluye la porción fuera de la ciudad de las emisiones de GEI transfronterizas de viajes que comienzan o terminan dentro de la ciudad. Esto puede incluir la porción de fuera de la ciudad del tránsito en carretera que quema el combustible.

Definición de las modalidades de transporte: se clasifican las fuentes de emisión en el sector del transporte por modalidad, incluyendo:

- Transporte por carretera: incluido autos, taxis, ómnibus y que funciona con combustibles.
- Transporte marítimo: vehículos domésticos.
- Transporte fuera de carretera: incluidos los tractores agrícolas, montacargas, entre otros.

1. Cálculo de las emisiones en el transporte por carretera: Los vehículos de carretera están diseñados para el transporte de personas, bienes o materiales en carreteras. Esta categoría incluye vehículos como ómnibus, automóviles, camiones, motocicletas, vehículos de recolección y transporte de residuos por carretera (e.g. camiones compactadores). La mayoría de los vehículos queman combustible líquido o gaseoso en los motores de combustión interna. La quema de estos combustibles produce CO₂, CH₄ y N₂O, a menudo llamados colectivamente "emisiones de escape".

Opciones de metodología de transporte: el método empleado es el descendente: comienza con la quema de combustible como indicador de la conducta de desplazamiento. En este caso, las emisiones son el resultado total del combustible vendido multiplicado por un factor de emisión de GEI para cada combustible. Se detalla a continuación ventajas y desventajas de la metodología empleada y otras alternativas:

Tabla 1: Comparación entre las 2 metodologías de cálculo

Metodología	Ventajas	Desventajas
Descendente: ventas de combustible	Más consistente con las prácticas nacionales de inventario. Menos costosa. Requiere menos tiempo para llevarse a cabo. No requiere alto nivel de capacidad técnica	No registra todos los viajes por carretera, ya que los vehículos pueden ser alimentados en lugares fuera de los límites de la ciudad, pero conducidos dentro de la ciudad. No desagrega las razones de las emisiones de viaje, e.g. origen, destino.
Ascendente: basado en el modelo VKT (actividad inducida, territorial y residente)	Puede generar datos más detallados y más viables para la planificación del transporte.	Más costoso, largo y menos comparable entre las ciudades debido a la variación de los modelos

VKT: kilómetros recorridos por vehículo

- a. Método de ventas de combustible: calcula las emisiones del transporte por carretera en base a la cantidad total de combustible vendido dentro de los límites de la ciudad. En teoría, este método considera al combustible vendido como indicador de la actividad de transporte. Los

datos de la actividad sobre el volumen de combustible vendido dentro de los límites de la ciudad se pueden obtener de los distribuidores y/o las instalaciones de abastecimiento de combustible, o recibos de impuestos sobre las ventas de combustible.

- b. Método de actividad inducida: cuantifica las emisiones del transporte inducidas por la ciudad, incluidos los viajes que comienzan, terminan o se realizan totalmente dentro de la ciudad, excluyendo los viajes de paso. Para reflejar la responsabilidad compartida por las 2 ciudades que inducen estos viajes, se utilizó una asignación de origen-destino:
- c. Método geográfico o territorial: cuantifica las emisiones provenientes de la actividad de transporte que se produce exclusivamente dentro de las ciudades, independientemente del origen y destino del viaje
- d. Método de actividad residente: cuantifica las emisiones provenientes de la actividad de transporte llevadas a cabo sólo por los residentes de la ciudad. Se requiere información de los kilómetros recorridos por residente, a partir de los registros de matriculación de vehículos.

2. Cálculo de las emisiones de la navegación marítima, fluvial y lacustre: se contabilizan los vehículos marítimos domésticos que operan dentro de los límites de la ciudad.

Cálculo de las emisiones de alcance 1: incluye las emisiones provenientes de la quema directa de combustibles fósiles para todos los viajes que se originan y terminan dentro de los límites de la ciudad. Para ello, se empleó el método descendente de la venta de combustible

3. Cálculo de las emisiones en el transporte fuera de carretera: incluye el recorrido de vehículos todo terreno, equipos de jardinería y construcción, tractores, excavadoras. También equipos incluidos en granjas e industrias.

3. Residuos

Clasificación de emisiones de residuos y aguas residuales: los residuos sólidos y las aguas residuales pueden ser generados y tratados dentro de los límites de la ciudad, o en diferentes ciudades. A efectos de contabilidad, se aplican las siguientes reglas:

Alcance 1: Emisiones provenientes de los residuos tratados dentro de la ciudad: incluye todas las emisiones de GEI provenientes del tratamiento y la disposición de los residuos, dentro de los límites de la ciudad, independientemente de si el residuo es generado dentro o fuera de los límites de la ciudad.

Alcance 3: Emisiones provenientes de los residuos generados por la ciudad pero tratados fuera de la ciudad: incluye todas las emisiones de GEI provenientes del tratamiento de residuos generados en los límites de la ciudad pero tratados en una instalación fuera de la ciudad.

Definición de los tipos de residuos sólidos y procedimientos de cálculo generales: se proporciona a los gobiernos municipales una guía de cuantificación para estimar el CO₂, CH₄ y N₂O provenientes de las siguientes actividades de gestión de residuos:

disposición de desechos sólidos en vertederos o basurales, incluida la eliminación en un sitio no regulado, la eliminación en un vertedero regulado o la eliminación en un vertedero sanitario; tratamiento biológico de residuos sólidos; incineración y/o quema a cielo abierto; tratamiento y vertido de aguas residuales.

Definición de los tipos de residuos sólidos: se centra en las emisiones de GEI provenientes de diferentes tipos de residuos sólidos generados en las oficinas, casas, tiendas, mercados, restaurantes, instituciones públicas, instalaciones industriales, instalaciones de obras hidráulicas y alcantarillado, obras de construcción y demolición, y actividades agrícolas. Estos tipos de residuos sólidos predeterminado incluyen:

- **Residuos sólidos urbanos:** los residuos sólidos urbanos (RSU) [Municipal solid waste, MSW], se definen como residuos recolectados por los municipios u otras autoridades locales. Los RSU normalmente incluyen: residuos de alimentos, residuos de jardín y parques, residuos de papel y cartón, madera, textiles, pañales desechables, caucho y cuero, plástico, metal, vidrio y otros materiales (e.g. cenizas, suciedad, polvo, tierra, basura electrónica).
- **Lodo:** se incluyen los lodos de aguas residuales domésticas y los lodos de tratamiento de aguas residuales industriales.
- **Residuos industriales:** la generación y composición de residuos industriales varía dependiendo del tipo de industria y procesos y/o tecnologías empleadas.
- **Otros residuos:** residuos clínicos: se incluyen materiales como jeringas de plástico, tejidos animales, vendas y paños. Por lo general los residuos clínicos se incineran, pero en ocasiones pueden ser depositados en vertederos de desechos sólidos (solid waste disposal sites, SWDS).
Los residuos peligrosos incluyen los desechos de aceites, disolventes residuales, cenizas, escorias y otros residuos con propiedades peligrosas (tales como inflamabilidad, explosividad, causticidad y toxicidad).

Pasos para la cuantificación de emisiones generales: la cuantificación de las emisiones de GEI provenientes de la disposición y el tratamiento de residuos sólidos está determinada por 2 factores principales: la masa de residuos depositados y la cantidad de carbono orgánico degradable (DOC) dentro de los residuos, que determina el potencial de generación de metano. En el caso de incineración, los 2 factores principales para cuantificar las emisiones son la masa de residuos depositados y la cantidad de carbono fósil que contiene. Se debe seguir los siguientes pasos:

- **Determinar la cantidad (masa) de los residuos generados por la ciudad y cómo y dónde son tratados:** para todos los tipos de disposición y tratamiento, las ciudades deben identificar la cantidad de residuos generados en el año de análisis. Para los residuos sólidos dispuestos en los vertederos/basurales a cielo abierto, las estimaciones o los datos de la cantidad de residuos históricos también pueden ser necesarios en función del método de cálculo elegido.
- **Determinar el factor de emisión:** la disposición y el tratamiento de residuos sólidos urbanos, industriales y otros producen cantidades significativas de metano (CH_4). El metano producido en vertederos de residuos sólidos (SWDS) aporta aproximadamente el 3-4% de las emisiones de GEI antropogénicas mundiales anuales. Además del metano, los SWDS también produce dióxido de carbono biogénico (CO_2) y compuestos orgánicos volátiles distintos al metano

(non-methane volatile organic compounds, NMVOC) así como pequeñas cantidades de óxido nitroso (N₂O), óxidos de nitrógeno y monóxido de carbono.

- **Multiplicar la cantidad de residuos depositados por los factores de emisión pertinentes para determinar las emisiones totales:** los distintos componentes del flujo de residuos (e.g. los residuos depositados en los sitios regulados frente a los residuos depositados en los vertederos no regulados) deben estar vinculados a los factores de emisión apropiados y las emisiones asociadas deben calcularse por separado.

Determinación de la composición de los residuos sólidos y el carbono orgánico degradable (DOC): el método preferido para determinar la composición del flujo de residuos sólidos y determinar el origen de los mismos (papel, madera, textiles, residuos de jardinería, entre otros). El DOC representa una proporción o porcentaje que se pueden calcular a partir de una media ponderada del contenido de carbono de diversos componentes del flujo de desechos. Se emplea la siguiente ecuación:

$$DOC = (0,15 * A) + (0,2 * B) + (0,4 * C) + (0,43 * D) + (0,24 * E) + (0,15 * F)$$

- A: fracción de los residuos sólidos que son alimentos.
- B: fracción de los residuos sólidos provenientes de jardinería y otros residuos vegetales.
- C: fracción de los residuos sólidos que es papel.
- D: fracción de los residuos sólidos que es madera.
- E: fracción de los residuos sólidos que es tela.
- F: fracción de los residuos sólidos que es residuo industrial.

1. Cálculo de las emisiones provenientes de la disposición de residuos sólidos: las emisiones de metano de los vertederos continúan durante varias décadas (incluso siglos) después de la eliminación de los residuos. De esta manera, los residuos dispuestos en un año determinado contribuye a las emisiones de GEI en ese año y en los posteriores. Por ende, existen 2 métodos para la estimación de las emisiones de metano provenientes de residuos sólidos:

- La descomposición de primer orden (first order of decay, FOD) asigna las emisiones de vertido en función a las emisiones durante ese año. Contabiliza los GEI emitidos en realidad ese año, independientemente de cuando se dispusieron los residuos. El modelo del FOD supone que el componente orgánico degradable (DOC) en los residuos se descompone lentamente a lo largo de algunas décadas, durante las cuales liberan CH₄ y CO₂. Si las condiciones son constantes, la velocidad de producción de CH₄ depende únicamente de la cantidad de carbono que queda en el residuo. Como resultado, las emisiones de CH₄ son más altas en los primeros años después de que los residuos se depositan inicialmente en un sitio de disposición, luego disminuyen gradualmente a medida que el carbono degradable en los residuos es consumido por las bacterias responsables de la descomposición.
- El compromiso de metano (Methane commitment, MC): asigna las emisiones de los vertederos en función a los residuos eliminados en un año determinado. Emplea un enfoque de ciclo de vida y de balance de masas y calcula las emisiones de vertido en función a la cantidad de residuos depositados en un año determinado, independientemente de cuándo

ocurren realmente las emisiones (una parte de las emisiones se libera cada año después de que los residuos se disponen).

Tabla 2: Comparación entre las 2 metodologías de cálculo

Consideración del usuario	Compromiso de metano (MC)	Descomposición de primer orden (FOD)
Simplicidad de implementación, requisitos de datos	Ventajas: sobre la cantidad de residuos dispuestos durante el año de inventario, que no requiere el conocimiento previo a su eliminación	Desventajas: sobre la base de la cantidad de residuos depositados durante el año de inventario. Requiere información histórica de eliminación de residuos
Coherencia con inventarios de emisiones actualizadas	Desventaja: no representa las emisiones de GEI durante el año de inventario. Agrupa las emisiones actuales y futuras juntas y las trata como iguales. Incompatible con otras emisiones en el inventario	Ventajas: representa las emisiones de GEI durante el año de inventario, en consonancia con otras emisiones en el inventario
Toma de decisiones para futuras prácticas de gestión de residuos	Desventajas: puede conducir a una sobrestimación del potencial de reducción de emisiones	Ventajas: extiende los beneficios de la disposición en vertederos evitada en los próximos años
Precisión	Desventajas: requiere predecir la eficiencia de recolección futura de gas y los parámetros de modelización durante la vida útil de las emisiones futuras	Ventajas: refleja con mayor precisión el total de emisiones que se producen en el año de inventario

2. Cálculo de las emisiones provenientes del tratamiento biológico de residuos sólidos: se refiere al compostaje y la digestión anaerobia de residuos orgánicos tales como residuos de jardín y parque, lodos. El tratamiento biológico de residuos sólidos reduce el volumen total de residuos para su disposición final (en un vertedero o incineración) y reduce la toxicidad de los mismos.
3. Cálculo de las emisiones provenientes de la incineración y la quema a cielo abierto de los residuos: la incineración es un proceso industrial controlado, a menudo con recuperación de energía, donde las entradas y las emisiones pueden medirse. Por el contrario, la quema al aire libre es un proceso no controlado, a menudo ilícito, con diferentes emisiones y, por lo general, solo puede ser calculada de acuerdo a los índices de recolección.

4. Cálculo de las emisiones provenientes del tratamiento de aguas residuales: las aguas residuales municipales pueden ser tratadas aeróbicamente (con presencia de oxígeno) y anaeróbicamente (en ausencia de oxígeno). Cuando las aguas se tratan en condiciones anaerobias, se produce metano. Ambos tipos de tratamiento también generan óxido nitroso a través de la nitrificación y desnitrificación del nitrógeno en las aguas servidas. Las fuentes de aguas residuales pueden ser domésticas o industriales

4. Emisiones por procesos industriales y uso de productos (IPPU)

Caracterización de las emisiones IPPU por alcance

Alcance 1: Emisiones provenientes de procesos industriales y usos de productos dentro de la ciudad

Alcance 3: Otras emisiones fuera de los límites: las emisiones provenientes de IPPU fuera de la ciudad no están incluidas en el límite de inventario, pero pueden informarse en otras emisiones.

Definición de los IPPU

Separación de las emisiones de GEI de IPPU y las emisiones de GEI relacionadas con la energía: si se quema combustible para la generación de energía se lo considerará en el apartado de Energía Estacionaria. Si se obtienen emisiones de la quema de combustibles, directa e indirectamente de la materia prima; o el calor que se libera a partir de una reacción química, se reporta como emisiones IPPU.

Cálculo de los procesos industriales: las emisiones de GEI se producen a partir de una amplia variedad de actividades industriales. Las fuentes principales de emisión son las liberadas de procesos industriales que transforman química o físicamente los materiales. Durante estos procesos se pueden generar GEI, incluyendo dióxido de carbono, metano, óxido nitroso, HFC y PFC.

- Emisiones de la industria cementera: se debe contabilizar las principales industrias de producción de cemento dentro de los límites de la ciudad; salida de productos anual y consumo de materia prima en el proceso industrial.
- Emisiones por la elaboración y uso de asfalto: se debe contar con la principal empresa que elabore este insumo y la cantidad producida

Cálculo de las emisiones de uso de productos

1. Productos no energéticos de combustibles y uso de solventes: el combustible y los solventes se consumen en procesos industriales. Para estimar las emisiones en un enfoque de equilibrio de masas, se requiere conocer los principales combustibles y solventes utilizados, su consumo y los factores de emisión.
2. Sustitutos fluorados para las sustancias que agotan la capa de ozono: los HFC, y en menor medida los PFC. Se incluyen: refrigeración y aire acondicionado,

extinción de incendios, aerosoles, limpieza con solventes. Para estimar las emisiones de GEI provenientes de estos productos se debe conocer la industria más importante que utiliza sustitutos fluorados y registro de compra de gas fluorado por la industria y su aplicación

5. Emisiones por agricultura, silvicultura y otros usos del suelo (AFOLU)

Categorización de las emisiones de AFOLU por alcance

Alcance 1: Emisiones dentro de los límites provenientes de la actividad agrícola, uso del suelo y el cambio del uso del suelo dentro de los límites de la ciudad.

Alcance 3: Otras emisiones fuera de los límites.

Definición de las actividades de AFOLU

Se clasifican en 3 categorías: Ganadería, Suelo, Fuentes agregadas y emisiones procedentes de fuentes del suelo, distintas al dióxido de carbono.

1. Cálculo de las emisiones provenientes de la ganadería: la producción ganadera emite metano mediante la fermentación entérica, y metano y óxido nitroso mediante la gestión del estiércol.
 - a. Fermentación entérica: la cantidad de metano emitida por fermentación entérica se debe principalmente por el número de animales, al tipo de sistema digestivo, y al tipo y cantidad de alimento consumido. Las emisiones de metano pueden estimarse multiplicando el número de ganado para cada tipo de animal por un factor de emisión.
 - b. Gestión del estiércol: el metano es producido mediante la descomposición del estiércol en condiciones anaeróbicas, durante el almacenamiento y el tratamiento, mientras que las emisiones directas de óxido nítrico se produce a través de la nitrificación y la desnitrificación combinadas de nitrógeno contenido en el estiércol. Los factores principales que afectan a las emisiones de metano son la cantidad de estiércol producida y la parte del estiércol que se descompone en condiciones anaeróbicas
2. Cálculo de las emisiones producidas por el uso del suelo y el cambio en el uso del suelo: El IPCC divide el uso del suelo en 6 categorías: tierras forestales, tierras de cultivo, pradera, humedales, asentamientos, otros. Las emisiones y absorciones de dióxido de carbono se basan en los cambios en las existencias de C en los ecosistemas y se estiman para cada categoría de uso del suelo. Esto incluye tanto el suelo restante en una categoría de uso del suelo como el suelo convertido para otro uso. Las existencias de C consisten en biomasa aérea y subterránea, materia orgánica muerta (madera muerta y hojarasca) y materia orgánica del suelo.



3. Cálculo de las emisiones provenientes de fuentes agregadas y emisiones procedentes de fuentes del suelo distintas al dióxido de carbono: se incluye el uso de fertilizantes y aplicación de urea.

- Emisiones de GEI provenientes de la quema de biomasa: cuando la biomasa se quema sin recuperación de energía, tales como la quema periódica del suelo o incendios accidentales. Se estima mediante la siguiente ecuación:

$$GHG = A \times M_b \times CF \times EF \times 10^{-3}$$

GHG: emisiones de GEI en toneladas de dióxido de carbono equivalente.

A: área de tierra quemada en hectáreas.

M_b : masa de combustible disponible para la combustión en toneladas por hectárea. Esto incluye biomasa, hojarasca de suelo y madera muerta.

CF: factor de combustión (una medida de la proporción del combustible que en realidad está en combustión).

EF: factor de emisión, gramos de GEI por kilogramo de la materia seca acumulada.

- a. Aplicación de urea: El uso de urea ($\text{CO}(\text{NH}_2)_2$) como fertilizante genera emisiones de CO_2 que se fijaron durante el proceso de producción industrial. La urea en contacto con el agua y enzimas ureasas se convierte en amonio (NH_4^+), ion hidroxilo (OH^-), y bicarbonato (HCO_3^-). Luego, el bicarbonato se convierte en CO_2 y agua. Se estima mediante la siguiente ecuación:

$$\text{CO}_2 = M \times EF \times 44/12$$

CO_2 : emisiones dióxido de carbono, en toneladas.

M: cantidad de fertilización con urea, en toneladas al año.

EF: factor de emisión, en toneladas de C por toneladas de urea.

44/12: Conversión de cambio de existencias de C a emisiones de CO_2 .

- b. Fertilizante sintético aplicado: incluye fosforados y sulfurados, entre otros.
4. Productos de madera recolectada (HWP): los productos de madera recolectada (Harvested Wood Products) incluyen todo los materiales de madera que se extraen de los lugares de recolección y constituyen un reservorio de carbono (el tiempo que el carbono se conserva en los productos variará dependiendo del producto y sus usos). La leña, por ejemplo, puede ser quemada en el año de la cosecha. El HWP desechado se puede depositar en sitios de disposición de residuos sólidos donde pueden subsistir durante largos períodos de tiempo.

Resultados

Para los límites del inventario se tomó los límites del partido de Magdalena (Fig. 1). Los datos de poblacionales se tomaron de los resultados del censo de 2010 (INDEC, 2010)



Fig. 1: Límite del inventario de GEI. Fuente: Ministerio del Interior

Población: 19.301 habitantes +10% de variación a la fecha: 21.231 habitantes.

Para facilitar el entendimiento del lector, aquí sólo se incluirán los resultados hallados. Para quien le interese las fórmulas y los procedimientos de cálculo, se encuentran en el anexo aparte.

FUENTES DE EMISIÓN: ENERGÍA ESTACIONARIA

Para el cálculo de las emisiones provenientes del consumo de energía suministrada por red, se tomaron datos brindados por el Ministerio de Energía y Minería sobre el consumo de energía eléctrica anuales , cuyos datos se detallan:

Tabla 3: Consumo de energía eléctrica por sectores

Residencial	Comercial	Industrial	Administración pública	Oficial	Total
19.561	24.965	12.108	3.443	9.705	69.782

Facturado a usuario final. Valores en MW.h

En el cuadro precedente, se enlistan todos los ítems mencionados en la página 3. El ítem "fuentes no especificadas" se halla bajo el nombre de "Oficial". No se tienen datos de emisiones de actividades agrícolas, silvicultura y pesca estacionarias. Se estima que los mismos se hallan incluidos dentro del ítem "Industrial".

Resultado: $\Sigma = 30882 \text{ tnCo}_2$

Incertidumbre: para aproximarse a los datos de la realidad se tomó un valor de 50%. Quedando entonces el valor de 46323 tnCO₂

Por otra parte, se obtuvieron los datos de consumo de gas natural anual, cuyos datos estimados se presentan a continuación:

Tabla 4: Consumo de gas natural por sectores

Residencial	Comercial	Industrial	Total
20804,886 5	2637,81730 8	23248,25769	46691,6

Datos en miles de m³ de 9.300 kcal.

Emisiones por consumo de gas natural: $\Sigma = 4615,300595 \text{ tn CO}_2$

Incertidumbre: para tener un valor aproximado, se tomó el valor de 50%. Quedando entonces: 6923 tnCO₂

Total Energía Estacionaria = 53246 tn CO₂

Emisiones por pérdidas en la distribución y la transmisión: tomando datos de la Cámara Argentina de la Construcción, se estima que las pérdidas son del 6% y 4%, para distribución y transmisión, respectivamente.

Total Energía Estacionaria = 58698,34 tnCO₂

TRANSPORTE

Para el cálculo de los mismos se tomó la metodología descendente de las ventas de combustible. Se consultó a la página del Ministerio de Energía y Minería de la Nación y se obtuvieron los siguientes valores, según tipo de combustible expendido:

Tabla 5: Cantidad de combustible anual expendido en la localidad

Total Gas Oil Grado 2	Total Gas Oil Grado 3	Total GNC	Total Nafta (premium) de más 95 Ron	Total Nafta (súper) entre 92 y 95 Ron
1216,25	953,91	1249,765	944,1	2870,47

Volúmenes en m³ expendidos durante el año de estudio.

No se hallaron datos de que sectores demandaron los combustibles expendidos en la tabla antecedente.

Gas Oil Grado 2: conocido como gas oil común, posee 1500 ppm de Azufre

Gas Oil Grado 3: posee menos de 10 ppm de Azufre.

Nafta 95 Ron: nafta de 95 octanos (Research octane number)

Del Ministerio de Energía y Minería de la Nación, se obtuvieron los factores de emisión:

Gas Oil: 3,771 tnCO₂/tn Densidad 832 kg/m³

GNC: 1,936 tnCO₂/tn Densidad 0,808 kg/m³

Nafta: 3,112 tnCO₂/tn Densidad 740 kg/m³

A partir de ello, se calcularon las emisiones provenientes del transporte:

$$\Sigma \text{Transporte: } 17551,33 \text{ tnCO}_2$$

Los valores calculados demuestran las emisiones de gases por el uso de combustibles fósiles en vehículos. Desafortunadamente, esta metodología sólo contempla las emisiones locales y no se registran las emisiones de vehículos que iniciaron su viaje desde otro punto fuera del área de estudio, o vehículos cuyo viaje se generó y terminó fuera del área de estudio. También, no demuestra el consumo de combustible para motores estacionarios; o para el transporte marítimo de recreación, entre otros. Por ende esta metodología, sólo es una muestra estimada de las emisiones por transporte. Se estimó, entonces un valor de 75% de incremento.

$$\Sigma \text{Transporte} = 30715 \text{ tnCO}_2$$

Incertidumbre: para aproximarse a los valores de la realidad, se tomó el valor de 5%.
Quedando entonces:

$$\text{Emisiones Transporte} = 32250,57 \text{ tnCO}_2$$

RESIDUOS

Determinación de la composición de los residuos sólidos y el carbono orgánico degradable (DOC): El DOC representa una proporción o porcentaje que se pueden

calcular a partir de una media ponderada del contenido de carbono de diversos componentes del flujo de desechos. Se emplea la siguiente ecuación:

$$DOC = (0,15 * A) + (0,2 * B) + (0,4 * C) + (0,43 * D) + (0,24 * E) + (0,15 * F)$$

- A: fracción de los residuos sólidos que son alimentos.
- B: fracción de los residuos sólidos provenientes de jardinería y otros residuos vegetales.
- C: fracción de los residuos sólidos que es papel.
- D: fracción de los residuos sólidos que es madera.
- E: fracción de los residuos sólidos que es tela.
- F: fracción de los residuos sólidos que es residuo industrial.

Se estimó que el 50% de los residuos generados son orgánicos. Por ende, se ingresaron los datos de la siguiente manera:

$$DOC = 0,24$$

Para el cálculo de las emisiones generadas, se empleó el método FOD o Modelo de descomposición de primer orden (First order of decay) porque representa las emisiones durante el año de inventario y por su precisión para obtener la cantidad de GEI emitidas. A continuación se detalla la cantidad de RSU enviados a relleno sanitario, ubicado en el CEAMSE de Ensenada

Tabla 6: Total de residuos enviados a relleno sanitario

2017	Abril	325,74
2017	Mayo	305,42
2017	Junio	243,96
2017	Julio	262,82
2017	Agosto	292
2017	Septiembre	307,62
2017	Octubre	358,74
2017	Noviembre	426,84
2017	Diciembre	314,72
2018	Enero	323,5
2018	Febrero	308,68
2018	Marzo	301,82
2018	Abril	255,62

Valores en toneladas mensuales

En base a los datos obtenidos se obtuvo las emisiones generadas por los residuos:

$$\text{Emisiones de CH}_4 = 1885,1 \text{ tnCH}_4 * 28 = 52782,2 \text{ tnCO}_2$$

Emisiones por incineración y la quema a cielo abierto: en el área de estudio no se encontró incineración controlada, pero si hay casos de quema al aire libre. El municipio de Magdalena no quema sus residuos, y la quema de los mismos se halla prohibida por ordenanza municipal. No obstante, se pueden encontrar quemas ilegales de basura, las

cuales al ser sólo poco kilogramos, se considera a los fines del presente inventario despreciables para analizar

Emisiones provenientes del tratamiento de aguas residuales: se obtuvieron datos por la empresa ABSA S.A. y se obtuvo un dato estimativo de 3.800.000 litros diarios (3.800 m³) tratados, siendo 1.387.000.000 litros anuales (1.387.000 m³). El proceso de tratamiento es mediante una digestión anaerobia de los líquidos cloacales.

Emisiones del tratamiento de aguas residuales= 16,25 tnCO₂

PROCESOS INDUSTRIALES Y USO DE PRODUCTOS (IPPU)

Emisiones provenientes de la minería: la única actividad minera en la región es la explotación de canteras para la obtención de conchilla (CaCO₃). Para ello, se contabilizó la cantidad de canteras habilitadas y su producción en metros cúbicos. A través de la Sub-dirección de Inspección de la Municipalidad de Magdalena, se determinaron la presencia de 2 empresas habilitadas para dicha actividad, cuyos datos de actividad se detallan a continuación. Sin embargo, su uso es industrial fuera del área de estudio, por ende al ser una actividad de cambio de uso de suelo, se lo considerará en el ítem AFOLU.

Tabla 7: Cantidad de tierra y conchilla extraída de canteras habilitadas

Empresa	El Páramo S.R.L.		Mielke Daniel	
RPM 205	volumen en m3		RPM 309	volumen m3
	Conchilla		Conchilla	Tierra
abr-17	762	abr-17	1600	440
may-17	594	may-17	440	508
jun-17	1139	jun-17	2080	391
jul-17	474	jul-17	460	128
ago-17	1405	ago-17	S/D	100
sep-17	1153	sep-17	S/D	288
oct-17	698	oct-17	880	528
nov-17	1006	nov-17	3360	1074
dic-17	678	dic-17	1720	560
ene-18	265	ene-18	2560	80
feb-18	403	feb-18	2660	S/D
mar-18	90	mar-18	3980	20

abr-18	165	abr-18	3480	300
--------	-----	--------	------	-----

RPM: Registro Provincial de Minería
Valores en m3

Fabricación de Cemento: la empresa en el distrito que se dedica a eso es Shap S.A.. La misma brindó las toneladas de cemento elaboradas en el año de estudio (38.106 tn)

Emissiones de CO₂= 19768,2 tnCO₂

Incertidumbre: se estimó un 65% de CaO en clinker, por lo que el valor de incertidumbre del 5%. Quedando entonces:

Emissiones de CO₂= 20775,51 tnCO₂

Fabricación y uso de asfalto: la única empresa que se dedica a la fabricación de asfalto es Membranex S.A, con los datos aportados se calculó la emisión de GEI.

Emisión= 6795 tnCO₂

Incertidumbre: el IPCC considera un valor del 15% para los países en vías de desarrollo. Quedando entonces:

.Emisión de tnCO₂= 7814,25 tnCO₂

Uso de Productos

Uso de aerosoles: el uso de HFC (hidrofluorocarbonados) produce gases que agotan la capa de ozono. Se estimó la cantidad de aerosoles utilizados en el área de estudio y se calculó la emisión de los mismos:

Emissiones= 16019,5 tnCO₂

Incertidumbre: el IPCC recomienda un valor del 30%. Quedando entonces:

Emissiones= 20812,35 tnCO₂

Emissiones de la carga refrigerante de los equipos nuevos: Las emisiones de los refrigerantes debidas al proceso de carga de equipos nuevos están relacionadas con el proceso de conexión y desconexión del contenedor refrigerado de los equipos de carga durante la carga inicial.

Ecarga= 0,29 tnCO₂

Incertidumbre: se tomó un valor del 20%. Quedando entonces:

Ecarga= 0,348 tnCO₂

AGRICULTURA, SILVICULTURA Y OTROS USOS DEL SUELO (AFOLU)

Emisiones provenientes de la ganadería: se contabilizó la cantidad de cabezas de ganado en el partido, discriminado por categoría:

Tabla 8: Cantidad de cabezas de ganado

Estratificación	Establecimientos	Vacas	Vaquillonas	Terneros	Terneras	Novillitos	Novillos	Toros
1-50 cabezas	325	4567	1266	3271	3240	298	115	242
51-100 cabezas	161	5706	2323	4465	3867	704	190	247
101-200 cabezas	149	10093	4012	7002	7574	1169	241	412
201-500 cabezas	101	15335	6087	10365	10869	3152	652	604
501-1000 cabezas	20	6047	2701	3466	3868	1164	1538	469
Más de 1000 cabezas	6	3724	2055	4662	4152	714	1303	204

Subtotal		45472	18444	33231	33570	7201	4039	2178
----------	--	-------	-------	-------	-------	------	------	------

Total de cabezas*: 144135

Cantidad de Feed-lots	Total bovinos
8	11154

Cantidad de tambos	Total vacas	Total vaquillonas
35	3526	1876

* La FAO considera un 20% de incremento para disminuir la incertidumbre los datos

Con estos datos se calculó las emisiones de metano.

ΣEmisiones del ganado= 286 tnCO2

Incertidumbre: en estos casos, se considera un valor del 30%. Quedando entonces:

Emisiones del ganado= 372 tnCO2

Emisión por gestión de estiércol: No se dispone de información sobre el manejo del estiércol producido por los animales. Siendo que la mayor cantidad de estiércol producido se halla en instalaciones de uso intensivo (feed-lot, tambo, criaderos avícolas y porcinos), se estima un 50% de incremento al apartado AFOLU.

Emisión por Nitrógeno en la orina y en el estiércol depositado por animales de pastoreo en pasturas y praderas: No se dispone de este tipo de información, la cantidad de Nitrógeno y la tasa de excreción depende de la categoría de animal, el contenido de agua y fibra en las pasturas, las condiciones climáticas, entre otras. Se estima que es un incremento del 40% del apartado AFOLU.

Emisiones producidas por el uso de suelo y el cambio en el uso del suelo: se buscó información sobre la superficie de cultivos de cosecha fina, gruesa, verdes, pasturas y cultivos de cobertura. Es de destacar el elevado grado de adopción de la Siembra Directa (SD) en contraposición de la Labranza Convencional (LC), siendo alrededor del 90%. Aún así, en ciertas ocasiones sigue siendo utilizada la LC para control mecánico de malezas, rotura de impedancias en el suelo o refinamiento del mismo, entre otras. Por otra parte, se debe destacar la menor emisión de carbono producto de la adopción de la SD, la cual genera la acumulación de carbono en los primeros centímetros de la superficie del suelo. La no roturación del suelo promueve la menor emisión de CO2 por la mineralización de la materia orgánica.

Periodo de Ocupación	Total	Superficie implantada en Ha.					Hortalizas	Frutales	Viveros
		Cereales grano	Oleaginosas	Cultivos semilla	Forrajeras				
					anuales	perennes			
Total	22.031,0	3.812	1.625,5	235	3.739,5	12.232,5	38,7	4,6	1,2
1	21.76,9	3.759	1.462	235	3.713,5	12.232,5	37,1	4,6	1,2
2	244,1	53	163,5		26		1,6		

Fig.2: Datos de usos de suelo. Fuente: Ministerio del Interior

Por el cuadro precedente, se destaca que en 244,1 hectáreas ha habido cambios de uso de suelo: 242,5 hectáreas han pasado a ganadería, y el resto pasaron a asentamientos permanentes.

Por otra parte, de las 2337,9 hectáreas de monte/bosque, se estima que 20 hectáreas de monte (fuentes de conchilla y tierra negra) fueron decapitados (término referido a la extracción de los primeros centímetros de suelo para obtener tierra negra, entre otros materiales. El suelo, por más resiliencia que pueda contener, ya no vuelve a adquirir sus propiedades originales).

ΣCO_2 cambio uso de suelo = 10174 tnCO₂ (incluidos los valores de incertidumbre)

Se debe destacar la importancia de un manejo adecuado de los pastizales naturales. En el área de estudio se encuentran las comunidades Pradera húmeda de mesófitas (ubicación en media loma; especies como *Bromus unillodes*, *Piptochaetium montevidensis*, *Mentha pulegium*, entre otras); Pradera de hidrófitas (bajo dulce, especies como *Glyceria multiflora* y *Leersia hexandra*, entre otros) y Estepa de halófitas (bajo alcalino, *Distichlis scoparia* y *D. spicata*, *Hordeum berroi*, entre otros). Su importancia se basa en que los pastizales son un sumidero de CO₂, que lo emplean para fotosíntesis, traducida en PPNA (Productividad Primaria Neta Aérea).

Actualmente, dichos pastizales se hallan degradados por la acción antrópica debido, principalmente, a excesivas cargas animales y al no respetar los periodos de descanso de las diversas especies vegetales.

Emisiones por quema de biomasa: con la información suministrada por los Bomberos Voluntarios de Magdalena (BVM), se contabilizó la cantidad de incendios en pastizales, el área afectada y se determinó la emisión de GEI

ΣGHG = 322,25 tnCO₂

Incertidumbre: se tomó un valor del 20%. Quedando entonces 387 tnCO₂

Emisiones producidas por fertilizantes sintéticos: a través de la información suministrada por distribuidores locales se contabilizó las toneladas de fertilizantes sintéticos empleados en la región, los cuales se estiman en 2000 toneladas de fertilizantes, sin tener datos pormenorizados de fertilizantes nitrogenados, fosforados o azufrados, entre los más usados. Se tomó una media de 1000 tn para urea, y 1000 para los sintéticos.

CO₂ = 767 tnCO₂

Emisiones de Nitrógeno de residuos de cosecha, incluidos los cultivos de fijadores de N y renovación de pasturas/forrajes, devuelto a los suelos: Es difícil determinar este ítem, dada la volatilidad del elemento Nitrógeno. Se debe destacar que en el Partido de Magdalena, se realizan cultivos de leguminosas forrajeras como Alfalfa (*Medicago sativa*), trébol blanco (*Trifolium repens*), trébol rojo (*Trifolium pratense*); e oleaginosas como la soja (*Glycine max*). Las raíces de estos cultivos son colonizadas por bacterias (e.g. Rizobios) los cuales fijan el Nitrógeno gaseoso y lo aportan a la planta, la cual al finalizar su ontogenia, los restos de Nitrógeno permanecen en el suelo mediante otras formas.

Si se analizan los residuos de cosecha, la soja tiene una relación Carbono/Nitrógeno de 20-30/1 contra 80-100/ del maíz. Esto quiere decir, que la soja deja un rastrojo escaso y de fácil degradación; en cambio el rastrojo de maíz es más voluminosos y de difícil degradación, por lo cual el Nitrógeno disponible va a estar inmovilizado por los microorganismos degradadores.

A esto, también debemos añadir el uso de fertilizantes. Las condiciones del suelo (elevados contenidos de arcilla, drenaje lento, pendientes largas y planas, entre otras) producen ganancia y pérdida de Nitrógeno. Por un lado (ganancia) se debe al lavado de los fertilizantes por precipitaciones y la adsorción por las arcillas; pérdidas netas se deben



también al lavado de los fertilizantes que no alcanzan a incorporarse en la dinámica del suelo.

Por lo antedicho, se estima un 20% de emisiones por el Nitrógeno de los residuos de cosecha y un 20% por la volatilización de los fertilizantes.

Emisiones por productos de madera recolectada (HWP): no se tuvieron datos de la cantidad de madera cosechada y el tiempo transcurrido desde la cosecha hasta el consumo final. Además, se debe destacar que en el área de estudio se encuentra la reserva de biosfera- Parque Costero del Sur, en cuya superficie se encuentran especies tales como el tala (*Celtis enbergiana*), coronillo (*Scutia buxifolia*), sombra de toro (*Jodinia rhombifolia*). Por otra parte, en el área rural comprendida se encuentran especies del género Eucaliptus (*E. sideroxylon*, *E. camaldulensis*, *E. tereticornis*, *E. globulus*, *E. viminalis*, *E. cinerea*) y algunas Coníferas, en menor proporción. Existen otras especies forestales como el ligustro (*Ligustrum lucidum*), aroma (*Acacia melanoxylon*), acacia de las 3 espinas (*Acacia trinervis*). Ante la falta de datos, se recurrió al censo 2010, en donde se registraron la cantidad de hogares que consumían leña, y la metodología de Mapeo de Oferta y Demanda Integrada de Dendrocombustibles (WISDOM; Woodfuel Integrated Supply, Demand Overview Mapping).

En base a esto, hubo 31 hogares que consumían leña como combustible. Siendo el número muy bajo, se tomó la decisión de considerar dentro del inventario de GEI la emisión de HWP con el valor 0, debido a que los cambios netos de consumo de dendrocombustibles son despreciables.

CONCLUSIONES

El presente informe ofrece una detallada información sobre las fuentes de emisión en el área de estudio, delimitada por los límites políticos del partido. Cabe resaltar que el informe es una estimación: los valores obtenidos no son exactos y poseen un determinado grado de incertidumbre, pero los resultados ofrecen una muestra representativa de las fuentes de emisión. Por ende, es factible que se hayan cometido algunos errores en los cálculos o en una determinación de la cantidad, según fuente de emisión. No obstante, este informe es el primero de su tipo (generado localmente) y pretende servir de fuente a la comunidad para generar conciencia sobre el cambio climático, y de esta manera sentar las bases para generar políticas de adaptación y mitigación.

El total de emisión anual hallado es de 228539,818 toneladas de CO₂, destacándose la preponderancia de la energía (26%), seguidos de los residuos (23%), IPPU (21%), AFOLU (16%), y finalmente transporte (14%).

El total de emisión por habitante es de 1,42 tn/habitante/año. El razonamiento llevado a cabo puede hallarse en el anexo.

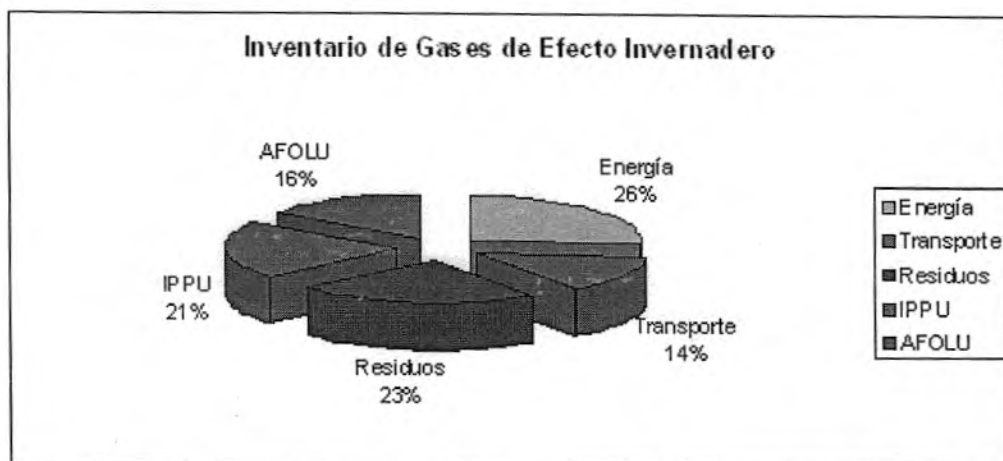


Fig. 3: Gráfico con los resultados del Inventario de GEI

3° Parte

En base al gráfico precedente, se evidencia la necesidad de tomar una serie de medidas tendientes a disminuir la contribución de las fuentes de emisión, tales como:

- Campañas de reciclaje: con el objetivo de disminuir la cantidad de residuos que van a relleno sanitario. Analizando el porcentaje de los residuos, el 50% son orgánicos, y mediante el proceso de compostaje se pueden emplear para obtener abono. Otra fracción (30%) de los mismos son reciclables (papel, cartón, vidrio, plástico tipo PET, entre otros) los cuales se pueden recuperar, siguiendo los principios de la Economía Circular, y generar otros tipos de productos reutilizables.
- Modernización de procedimientos administrativos: desde hace un tiempo el Ejecutivo Municipal y el Honorable Concejo Deliberante han estado llevando a cabo procesos modernizantes tendientes a disminuir el consumo de papel, tales como digitalización de expedientes y fuente de escritura uniforme. Se debe seguir avanzando en este aspecto.
- Eficiencia energética: con el planteo de disminuir el consumo de energía eléctrica y emplear fuentes renovables de generación de energía. Una manera es el empleo de luminaria LED que disminuye un 90% del consumo, tanto en espacios públicos como en edificios de la administración pública. Otra manera es el empleo de paneles solares para la generación de energía eléctrica.
- Capacitación en manejo de pastizales naturales: como se han mencionado en apartados anteriores, los pastizales naturales tienen una gran importancia como sumidero de CO₂, dentro del marco de la ganadería regenerativa. Se deben llevar a cabo capacitaciones para revalorizar la importancia de los pastizales para un adecuado manejo pastoril, identificar las comunidades vegetales y respetar los períodos de descanso de las mismas..

Finalmente, este informe es público y sujeto a críticas y modificaciones que oportunamente sean formuladas con el fin de ampliar y mejorar el presente inventario para el beneficio de la comunidad.

Agradecimientos:

A los empleados municipales que colaboraron con el aporte de datos: de Dirección de Obras Públicas (Federico Hanley y Maria Padilla) que interrumpieron su labor para buscar información que les solicitaba; de Contaduría que aportaron datos para la elaboración de este informe; de Sub-Dirección de Inspección (Gastón López y Norberto Funicelli) quienes brindaron información sobre la actividad de la canteras habilitadas por la Municipalidad.

Al Sr. Lisandro Hourcade, empleado de ABSA S.A., quien aportó datos sobre procesos empleados y cantidad de aguas residuales tratadas en el distrito.

A la Casa de Campo, en especial al Sr. Facundo Seambelar, agente del Ministerio de Agroindustria de la Provincia de Buenos Aires quien aportó datos referentes a la ganadería en el distrito. También al Ing. Agr. Leonardo De Biasi, por aportar datos sobre el consumo de fertilizantes.

A la Red Argentina de Municipios frente al Cambio Climático (RAMCC) por brindar constantemente capacitaciones técnicas..

A los bomberos voluntarios de Magdalena (BVM) por haber brindado datos de sus intervenciones en incendios de pastizales.

A los responsables de las empresas Shap. S.A. y Membranex S.A. que aportaron datos de producción.

Bibliografía:

- Protocolo Global para Inventarios de Emisión de Gases de Efecto Invernadero a Escala Comunitaria. Estándar de contabilidad y de reporte para las ciudades. World Resources Institute, pp. 176. 2014.
- IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. 5 Volúmenes. <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/index.html>. Último acceso 29/06/2018
- <http://www.energia.gob.ar/contenidos/verpagina.php?idpagina=2311>. Último acceso 29/06/2018
- <http://res1104.se.gob.ar/consultaprecios.eess.php> Último acceso 11/06/2018
- <https://ecometrica.com/assets/Electricity-specific-emission-factors-for-grid-electricity.pdf> Último acceso: 29/06/2018
- What a waste: A global review of solid waste management. Banco Mundial. 2012 [https://siteresources.worldbank.org/INTURBANDEVELOPMENT/Resources/336387-1334852610766/What a Waste2012 Final.pdf](https://siteresources.worldbank.org/INTURBANDEVELOPMENT/Resources/336387-1334852610766/What%20a%20Waste2012%20Final.pdf). Último acceso 29/06/2018
- Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero (GEI) de Argentina. <https://inventariogei.ambiente.gob.ar/>. Último acceso 2/07/2018.
- Inventario de Gases de Efecto Invernadero. Municipalidad de Rosario. <https://www.rosario.gov.ar/web/ciudad/medio-ambiente/inventario-de-gases-de-efecto-invernadero> Último acceso 2/06/2018
- Ghia, A.; del Rosso, A. Reducción de pérdidas en sistemas de transmisión y distribución: Beneficios Económicos y Ambientales. Cámara Argentina de la Construcción (CAME). pp 34. 2013.
- Análisis del balance de energía derivada de biomasa en Argentina. Wisdom Argentina.



https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-i0900s00_analisis_balance_entrgia.pdf. Último acceso 3/07/2018

- Garbulsky, M.F., J.P. Guerschman, J.M. Paruelo, R.J.C. León, C.M. Ghersa, S.B. Perelman, M. Oesterheld y S.E. Burkart. Vegetación potencial de la Provincia de Buenos Aires. IFEVA. Facultad de Agronomía de la Universidad de Buenos Aires.
[https://www.agro.uba.ar/users/garbulsk/Curso ut archivos/poster vegpot.pdf](https://www.agro.uba.ar/users/garbulsk/Curso_ut_archivos/poster_vegpot.pdf). Último acceso 03/07/2018
- Elizabeth Jacobo y Adriana Rodríguez. Valorización de pastizales naturales en ambientes húmedos. Indicadores de sustentabilidad. 5° Congreso de la Asociación Argentina para el Manejo de los Pastizales Naturales, Corrientes. 2009.
[http://www.produccion-animal.com.ar/produccion y manejo pasturas/pasturas %20naturales/163-Valorizacion.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pasturas%20naturales/163-Valorizacion.pdf). Último acceso 03/07/2018

ANEXO

**Fórmulas y procedimientos de cálculo del Inventario de GEI de Magdalena,
Provincia de Buenos Aires, Argentina**

Energía Estacionaria

Cuadro 1: Consumo de energía eléctrica por sectores

Residencial	Comercial	Industrial	Administración pública	Oficial	Total
19.561	24.965	12.108	3.443	9.705	69.782

Facturado a usuario final. Valores en MW.h

Consultando diferentes fuentes, se constató el factor de emisión 0,44 tCO₂/MW-h. Entonces las emisiones por energía estacionaria son:

Residencial: 19.561 MW-h * 0,44 tCO₂/MW-h = 8783 tnCo₂

Comercial: 24.965 MW-h * 0,44 tCO₂/MW-h = 10985 tnCo₂

Industrial: 12.108 MW-h * 0,44 tCO₂/MW-h = 5328 tnCo₂

Administración Pública: 3443 MW-h * 0,44 tCO₂/MW-h = 1515 tnCo₂

Oficial: 9705 MW-h * 0,44 tCO₂/MW-h = 4271 tnCo₂

Incertidumbre: para aproximarse a los datos de la realidad se tomó un valor de 50%.
Quedando entonces:

Emisiones: 30882 tnCO₂ * 50% = 46323 tnCO₂

Gas natural

Residencia	Comercial	Industrial	Total
1			
20804,886	2637,81730	23248,2576	46691,
5	8	9	6

Datos en miles de m³ de 9.300 kcal.

Residencial: 20804,8865 m³ * 9300 kcal = 193485444,45 kcal = 81 TJ

Comercial: 2637,817308 m³ * 9.300 kcal = 24531700,9644 kcal = 0,11 TJ

Industrial: 23248,25769 m³ * 9.300 kcal = 216208796,517 kcal = 0,91 TJ

Factores de emisión

Residencial: 56,1 tn CO₂/TJ, 0,005 tn CH₄/TJ (se utiliza el factor de conversión 28 para llevarlo a CO₂); 0,0001 tn N₂O/TJ (factor de conversión 265).

Comercial: 56,1 tn CO₂/TJ, 0,005 tn CH₄/TJ; 0,0001 tn N₂O/TJ. Se emplean los factores de conversión anteriores.

Industrial: 56,1 tn CO₂/TJ, 0,001 tn CH₄/TJ; 0,0001 tn N₂O/TJ. Se emplean los factores de conversión anteriores.

Cálculo de emisión



Residencial: $56,1 \text{ tn CO}_2/\text{TJ} * 81\text{TJ} = 4544,1 \text{ tn CO}_2$
 $0,005 \text{ tn CH}_4/\text{TJ} * 81\text{TJ} = 0,405 \text{ tn CH}_4 * 28 = 11,34 \text{ tn CO}_2$
 $0,0001 \text{ tn N}_2\text{O}/\text{TJ} * 81 \text{ TJ} = 0,0081 \text{ tn N}_2\text{O} * 265 = 2,1465 \text{ tn CO}_2$
 Residencial: 4558 tn CO2

Comercial: $56,1 \text{ tn CO}_2/\text{TJ} * 0,11\text{TJ} = 6,171 \text{ tn CO}_2$
 $0,005 \text{ tn CH}_4/\text{TJ} * 0,11\text{TJ} = 0,00055 \text{ tn CH}_4 * 28 = 0,0154 \text{ tn CO}_2$
 $0,0001 \text{ tn N}_2\text{O}/\text{TJ} * 0,11 \text{ TJ} = 0,000011 \text{ tn N}_2\text{O} * 265 = 0,002915 \text{ tn CO}_2$
 Comercial: 6,20 tn CO2

Industrial: $56,1 \text{ tn CO}_2/\text{TJ} * 0,91\text{TJ} = 51,051 \text{ tn CO}_2$
 $0,001 \text{ tn CH}_4/\text{TJ} * 0,91 \text{ TJ} = 0,00091 \text{ tn CH}_4 * 28 = 0,02548 \text{ tn CO}_2$
 $0,0001 \text{ tn N}_2\text{O}/\text{TJ} * 0,91 \text{ TJ} = 0,000091 \text{ tn N}_2\text{O} * 265 = 0,024115 \text{ tn CO}_2$
 Industrial: 51,100595 tn CO2

Incertidumbre: para tener un valor aproximado, se tomó el valor de 50%. Quedando entonces:

Emissiones: $4615,300595 \text{ tnCO}_2 * 50\% = 6923 \text{ tnCO}_2$

Emissiones por pérdidas en la distribución y la transmisión: tomando datos de la Cámara Argentina de la Construcción, se estima que las pérdidas son del 6% y 4%, para distribución y transmisión, respectivamente.

Distribución: $53246 \text{ tn CO}_2 * 1,06 = 56441 \text{ tn CO}_2$
 Transmisión: $56441 \text{ tn CO}_2 * 1,04 = 58698,34 \text{ tn CO}_2$

Transporte

Total Gas Oil Grado 2	Total Gas Oil Grado 3	Total GNC	Total Nafta (premium) de más 95 Ron	Total Nafta (súper) entre 92 y 95 Ron
1216,25	953,91	1249,765	944,1	2870,47

Volúmenes en m3 expendidos durante el año de estudio.
 No se hallaron datos de que sectores demandaron los combustibles expendidos anteriormente.
 Gas Oil Grado 2: conocido como gas oil común, posee 1500 ppm de Azufre
 Gas Oil Grado 3: posee menos de 10 ppm de Azufre.
 Nafta 95 Ron: nafta de 95 octanos (Research octane number)

Del Ministerio de Energía y Minería de la Nación, se obtuvieron los factores de emisión:



Gas Oil: 3,771 tnCO₂/tn Densidad 832 kg/m³
 GNC: 1,936 tnCO₂/tn Densidad 0,808 kg/m³
 Nafta: 3,112 tnCO₂/tn Densidad 740 kg/m³

A partir de ello, se calcularon las emisiones provenientes del transporte:

Gas Oil: 1216,25 m³ + 953,91 m³ = 2170,16 m³ * 832 kg/m³ = 1.805.573,12 kg = 1805,6 tnCO₂ * 3,771 tnCO₂/tn = 6810,43 tnCO₂

GNC: 1249,765 m³ * 0,808 kg/m³ = 1010 kg = 1,010 * 1,936 tnCO₂/tn = 1955,4 tnCO₂

Nafta: 944,1 m³ + 2870,47 m³ = 3815 m³ * 740 kg/m³ = 2.823.100 kg = 2823,1 tn * 3,112 tnCO₂/tn = 8785,5 tnCO₂

Incorporando los viajes externos y pasantes:

Σ Transporte: 17551,33 tnCO₂ * 75% = 30715 tnCO₂

Incertidumbre: para aproximarse a los valores de la realidad, se tomó el valor de 5%.
 Quedando entonces:

Emisiones Transporte: 30715 tnCO₂ * 5% = 32250,57 tnCO₂

Residuos

Determinación de la composición de los residuos sólidos y el carbono orgánico degradable (DOC): El DOC representa una proporción o porcentaje que se pueden calcular a partir de una media ponderada del contenido de carbono de diversos componentes del flujo de desechos. Se emplea la siguiente ecuación:

$$DOC = (0,15 * A) + (0,2 * B) + (0,4 * C) + (0,43 * D) + (0,24 * E) + (0,15 * F)$$

- A: fracción de los residuos sólidos que son alimentos.
- B: fracción de los residuos sólidos provenientes de jardinería y otros residuos vegetales.
- C: fracción de los residuos sólidos que es papel.
- D: fracción de los residuos sólidos que es madera.
- E: fracción de los residuos sólidos que es tela.
- F: fracción de los residuos sólidos que es residuo industrial.

Se estimó que el 50% de los residuos generados son orgánicos. Por ende, se ingresaron los datos de la siguiente manera:

$$DOC = (0,15 * A) + (0,2 * B) + (0,4 * C) + (0,43 * D) + (0,24 * E) + (0,15 * F)$$

$$DOC = (0,15 * 0,40) + (0,2 * 0,15) + (0,4 * 0,20) + (0,43 * 0,10) + (0,24 * 0,05) + (0,15 * 0,10)$$

$$DOC = 0,06 + 0,03 + 0,08 + 0,043 + 0,012 + 0,015 = 0,24$$

Tabla 6: Total de residuos enviados a relleno sanitario

2017	Abril	325,74
2017	Mayo	305,42



2017	Junio	243,96
2017	Julio	262,82
2017	Agosto	292
2017	Septiembre	307,62
2017	Octubre	358,74
2017	Noviembre	426,84
2017	Diciembre	314,72
2018	Enero	323,5
2018	Febrero	308,68
2018	Marzo	301,82
2018	Abril	255,62

Valores en toneladas mensuales

Se detalla a continuación la ecuación de cálculo:

Emisiones de CH₄ =

$$\{ \sum x [RSUX \times L0(x) \times ((1 - e^{-k}) \times e^{-k(t-x)})] - R(t) \} \times (1 - OX)$$

Emisiones de CH₄ = Total de emisiones de CH₄ en toneladas

x = Año de apertura de vertedero o un año más antiguo de los datos históricos disponibles

t = Año de inventario

RSUX = Total de residuos sólidos urbanos dispuesto en los SWDS en el año x toneladas

R = Metano recogido y eliminado (tonelada) en el año de inventario

L0 = Potencial de generación de metano

k = Tasa constante de generación de metano, que está relacionada con el tiempo necesario para que el DOC de los residuos para la descomposición a la mitad de su masa inicial (la "vida media")

OX = factor de oxidación 0,1 para los vertederos correctamente regulados; 0 para los vertederos no regulados

$$\text{Emisiones de CH}_4 = \{ [4027,48 \text{ tn} \times 0,096 \text{ tnC/tn de residuos} \times ((1 - e^{-0,05}) \times e^{-0,05(2018-1982)})] - 2 \times (2018) \} \times (1 - 0,1)$$

$$\text{Emisiones de CH}_4 = \{ 1982 \times [4027,48 \text{ tn} \times 0,096 \text{ tnC/tn de residuos} \times ((0,05) \times e^{-0,05(2018-1982)})] - 4036 \} \times 0,9$$

$$\text{Emisiones de CH}_4 = 1885,1 \text{ tnCH}_4 \times 28 = 52782,2 \text{ tnCO}_2$$

Ante la falta de algunos datos, se recurrió a otras ecuaciones presentes en el protocolo del IPCC

$$L0 = MCF \times DOC \times DOCF \times F \times 16/12$$

L0 = Potencial de generación de metano

MCF = Factor de corrección de metano en función del tipo de vertedero para el año de deposición (regulado, no regulado, etc.)

Regulado = 1,0



No regulado (≥ 5 m de profundidad) = 0,8

No regulado (< 5 m de profundidad) = 0,4

Sin categoría = 0,6

DOC = Carbono orgánico degradable en el año de la deposición, la fracción (toneladas C/toneladas de residuos)

DOCF = Fracción del COD que se degrada finalmente (refleja el hecho de que parte del carbono orgánico no se degrada) Asumido igual a 0,6

F = Fracción de metano en el gas del vertedero. Rango predeterminado 0,4-0,6 (normalmente tomado como 0,5)

16/12 = Relación estequiométrica entre el metano y el carbono

$$L_0 = 1 \times 0,24 \text{ tnC/tn de residuos} \times 0,6 \times 0,5 \times 16/12$$

$$L_0 = 0,096 \text{ tnC/tn de residuos}$$

Emissiones provenientes del tratamiento de aguas residuales: se obtuvieron datos por la empresa ABSA S.A. y se obtuvo un dato estimativo de 3.800.000 litros diarios (3.800 m³) tratados, siendo 1.387.000.000 litros anuales (1.387.000 m³). El proceso de tratamiento es mediante una digestión anaerobia de los líquidos cloacales.

$$\sum_i [(TOW_i - S_i) EFi - Ri] \times 10^{-3}$$

$$[(347409,3 \text{ kg BOD/año} - 25000 \text{ kg BOD/año}) \times 0,0018 \text{ kg CH}_4/\text{kg BOD} - 0] \times 0,001$$

$$= 16,25 \text{ tnCO}_2$$

Emissiones de CH₄ = Emissiones totales de CH₄ en toneladas métricas Computado

TOW_i = Contenido de materia orgánica en las aguas residuales. Para las aguas residuales domésticas: compuestos orgánicos totales en las aguas residuales en el año de inventario, kg BOD/año

Para las aguas residuales industriales: material total orgánicamente degradable en las aguas residuales de la industria i en el año de inventario, kg COD/año

EF_i = Factor de emisión de kg CH₄ por kg BOD o kg CH₄ por kg COD

S_i = Componente orgánico eliminado en forma de lodo en el año de inventario, kg COD/año o kg BOD/año

R_i = Cantidad de CH₄ recuperado en el año de inventario, kg CH₄/año

i = Tipo de aguas residuales

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

Para aguas residuales industriales: material total orgánicamente degradable en las aguas residuales de la industria i en el año de inventario, kg COD/año

$$TOW_i = P \times BOD \times I \times 365$$

$$TOW_i = 16.921 \text{ personas} \times 45 \text{ gr/persona/día} \times 1,25 \times 365 \text{ días/año}$$

$$TOW_i = 347409,3 \text{ kg BOD/año}$$

$$EF_j = B_o \times MCF_j \times U_i \times T_i \cdot j$$

TOWi = Para las aguas residuales domésticas: compuestos orgánicos totales en las aguas residuales en el año de inventario, kg BOD/año

P= Población de la ciudad en el año de inventario (persona)

BOD = BOD per cápita específica de la ciudad en el año de inventario, g/persona/día

I = Factor de corrección para la BOD industrial adicionales vertidas en el desagüe. En ausencia de la opinión de expertos, una ciudad puede aplicar el valor predeterminado de 1,25 para la recogida de aguas residuales, y 1,00 para las no reguladas.

$$EF_j = B_o \times MCF_j \times U_i \times T_{i,j}$$

$$EF_j = 0,6 \text{ kg CH}_4/\text{kg BOD} \times 0,8 \times 0,15 \times 0,25$$

$$EF_j = 0,0018 \text{ kg CH}_4/\text{kg BOD}$$

EFi = Factor de emisión para cada sistema de tratamiento y manejo.

Bo = Capacidad máxima de producción de CH4. Valor predeterminado:

- 0,6 kg CH4/kg BOD
- 0,25 kg CH4/kg COD

MCFj = Factor (fracción) de corrección de metano.

Ui = Fracción de la población en el grupo de ingreso i en el año de inventario

Ti, j = Grado de utilización (relación) del sistema o vía de tratamiento/descarga, j, para cada fracción de grupo de ingreso i en el año de inventario

IPPU

Fabricación de Cemento: la empresa en el distrito que se dedica a eso es Shap S.A.. La misma brindó las toneladas de cemento elaboradas en el año de estudio (38.106 tn)

$$\text{Emisiones de CO}_2 = M_{cl} \times EF_{cl}$$

$$\text{Emisiones de CO}_2 = 38016 \text{ tn} \times 0,52 \text{ tnCO}_2/\text{tn} = 19768,2 \text{ tnCO}_2$$

Emisiones de CO2= Emisiones de CO2 en toneladas

Mcl = Peso (masa) de clinker producido en toneladas métricas

EFcl = CO2 por unidad de masa de clinker producido (por ejemplo, CO2/tonelada de clinker)

Incertidumbre: se estimó un 65% de CaO en clinker, por lo que el valor de incertidumbre del 5%. Quedando entonces:

$$\text{Emisiones de CO}_2: 19786,2 \text{ tnCO}_2 \times 5\% = 20775,51 \text{ tnCO}_2$$

Fabricación y uso de asfalto: la única empresa que se dedica a la fabricación de asfalto es Membranex S.A, con los datos aportados se calculó la emisión de GEI.

$$\text{Emisión} = 5436 \text{ tn} \times 1,25 \text{ tnCO}_2 = 6795 \text{ tnCO}_2$$

Incertidumbre: el IPCC considera un valor del 15% para los países en vías de desarrollo. Quedando entonces: Emisión de tnCO2= 6795 tnCO2 * 15%= 7814,25 tnCO2

1-50 cabezas	325	456 7	1266	3271	3240	298	115	242
51-100 cabezas	161	570 6	2323	4465	3867	704	190	247
101-200 cabezas	149	100 93	4012	7002	7574	1169	241	412
201-500 cabezas	101	153 35	6087	10365	10869	3152	652	604
501-1000 cabezas	20	604 7	2701	3466	3868	1164	1538	469
Más de 1000 cabezas	6	372 4	2055	4662	4152	714	1303	204

Subtotal	45472	18444	33231	33570	7201	4039	2178
----------	-------	-------	-------	-------	------	------	------

Total de cabezas*: 144135

Cantidad de Feed-lots	Total bovinos
8	11154

Cantidad de tambos	Total vacas	Total vaquillonas
35	3526	1876

* La FAO considera un 20% de incremento para disminuir la incertidumbre los datos

Con estos datos se calculó las emisiones de metano, a través de la siguiente fórmula de cálculo:

$$CH_4 = N_t * E_f * 10^{-3}$$

CH₄: emisiones de metano, en tn.

T: categoría de ganado/especies.

N: número de animales (cabezas)

E_f: factor de emisión para la fermentación entérica (kg de CH₄/cabeza/año)

$$CH_4 \text{ Vacas} = 45472 \text{ cabezas} * 20\% * 56 \text{ kg CH}_4/\text{cabeza/año} * 10^{-3} = 3056 \text{ kgCH}_4 * 28 = 85,56 \text{ tnCO}_2$$

$$CH_4 \text{ Vaquillonas} = 18444 \text{ cabezas} * 20\% * 56 \text{ kg CH}_4/\text{cabezas/año} * 10^{-3} = 1239,44 \text{ kgCH}_4 * 28 = 35 \text{ tnCO}_2$$



CH4 Terneros= 33231 cabezas *20% *56 kgCH4/cabezas/año *10-3= 2233,12 kgCH4
*28= 62,53 tnCO2

CH4 Terneras= 33570 cabezas *20% *56 kgCH4/cabezas/año *10-3= 2256 kgCH4
*28= 63,2 tnCO2

CH4 Novillitos= 7201 cabezas *20% *56 kgCH4/cabezas/año *10-3= 484 kgCH4 *28=
13,55 tnCO2

CH4 Novillos= 4039 cabezas *20% *56 kgCH4/cabezas/año *10-3= 271,42 kgCH4
*28= 7,60 tnCO2

CH4 Toros= 2178 cabezas *20% *56 kgCH4/cabezas/año *10-3= 146,4 kgCH4 *28=
4,1 tnCO2

CH4 Vaca de tambo= 3526 cabezas *20% *72 kgCH4/cabezas/año *10-3= 305 kgCH4
*28= 8,53 tnCO2

CH4 Vaquillonas de tambo= 1876 cabezas *20% *72 kgCH4/cabezas/año *10-3= 162,1
kgCH4 *28= 4,54 tnCO2

También se encontraron datos referentes a otras especies:

CH4 Ovinos= 4712 cabezas *20% *5 kgCH4/cabeza/año *10-3= 28,3 kgCH4 *28= 0,8
tnCO2

CH4 Caprinos= 212 cabezas *20% *5 kgCH4/cabeza/año *10-3= 1,3 kgCH4 *28=
0,036 tnCO2

CH4 Porcinos= 2112 cabezas *20% *1 kgCH4/cabeza/año *10-3= 2,53 kgCH4 *28=
0,07 tnCO2

CH4 Caballos= 356 cabezas *20% *18 kgCH4/cabeza/año *10-3= 8 kgCH4 *28= 0,21
tnCO2

Σ Emisiones del ganado= 286 tnCO2

Incertidumbre: en estos casos, se considera un valor del 30%. Quedando entonces:

Emisiones del ganado= 286 tnCO2 *30%= 372 tnCO2

Emisiones producidas por el uso de suelo y el cambio en el uso del suelo: se buscó información sobre la superficie de cultivos de cosecha fina, gruesa, verdes, pasturas y cultivos de cobertura. Es de destacar el elevado grado de adopción de la Siembra Directa (SD) en contraposición de la Labranza Convencional (LC), siendo alrededor del 90%. Aún así, en ciertas ocasiones sigue siendo utilizada la LC para control mecánico de malezas, rotura de impedancias en el suelo o refinamiento del mismo, entre otras. Por otra parte, se debe destacar la menor emisión de carbono producto de la adopción de la SD, la cual genera la acumulación de carbono en los primeros centímetros de la superficie del suelo. La no roturación del suelo promueve la menor emisión de CO2 por la mineralización de la materia orgánica.

Período de Ocupación	Total	Superficie implantada en Ha.							
		Cereales grano	Oleaginosas	Cultivos semilla	Forrajeras		Hortalizas	Frutales	Viveros
					anuales	perennes			
Total	22.031,0	3.812	1.625,5	235	3.739,5	12.232,5	38,7	4,6	1,2
1	21.76,9	3.759	1.462	235	3.713,5	12.232,5	37,1	4,6	1,2
2	244,1	53	163,5		26			1,6	

Por el cuadro precedente, se destaca que en 244,1 hectáreas ha habido cambios de uso de suelo: 242,5 hectáreas han pasado a ganadería, y el resto pasaron a asentamientos permanentes.

Por otra parte, de las 2337,9 hectáreas de monte/bosque, se estima que 20 hectáreas de monte (fuentes de conchilla y tierra negra) fueron decapitados (término referido a la extracción de los primeros centímetros de suelo para obtener tierra negra, entre otros materiales. El suelo, por más resiliencia que pueda tener, ya no vuelve a adquirir sus propiedades originales).

$$CO_2 = \sum LU [FluxLU \times AreaLU] \times 44/12$$

CO₂ = Emisiones de GEI en toneladas de CO₂

Área = Superficie de la ciudad por categoría de uso del suelo, hectárea

Flux = Tasa anual neta de cambio en las existencias de carbono por hectárea, toneladas de C por hectárea por año

LU = Categoría de uso del suelo

44/12 = Conversión de cambios en las existencias de C a emisiones de CO₂

$$CO_2 \text{ monte a deforestación} = [2,1 \text{ tnC/ha} \times 20 \text{ ha}] \times 44/12 = 154 \text{ tnCO}_2$$

$$CO_2 \text{ agricultura a ganadería} = [7,4 \text{ tnC/ha} \times 242,5 \text{ ha}] \times 44/12 = 6580 \text{ tnCO}_2$$

$$CO_2 \text{ horticultura a asentamientos} = [4,7 \text{ tnC/ha} \times 1,6 \text{ ha}] \times 44/12 = 27,57 \text{ tnCO}_2$$

Incertidumbre: para el primer ítem analizado se tomó valor de 75%, 50% para el segundo, y 25% para el tercero.

$$CO_2 \text{ monte a deforestación} = 154 \text{ tnCO}_2 \times 75\% = 269,5 \text{ tnCO}_2$$

$$CO_2 \text{ agricultura a ganadería} = 6580 \text{ tnCO}_2 \times 50\% = 9870 \text{ tnCO}_2$$

$$CO_2 \text{ horticultura a asentamientos} = 27,57 \text{ tnCO}_2 \times 25\% = 34,45 \text{ tnCO}_2$$

$$\sum CO_2 \text{ cambio uso de suelo} = 10174 \text{ tnCO}_2$$

Emisiones por quema de biomasa: con la información suministrada por los Bomberos Voluntarios de Magdalena (BVM), se contabilizó la cantidad de incendios en pastizales, el área afectada y se determinó la emisión de GEI

$$GHG = A \times MB \times CF \times EF \times 10^{-3}$$

GHG = Emisiones de GEI en toneladas de CO₂ equivalente

A = Área de tierra quemada en hectáreas

MB = Masa de combustible disponible para la combustión, toneladas por hectárea. Esto incluye la biomasa, hojarasca de suelo y madera muerta.

CF = Factor de combustión (una medida de la proporción del combustible que en realidad está en combustión)

EF = Factor de emisión, g de GEI por kg de la materia seca quemada

$$\text{GHG} = 41,1249 \text{ ha} * 4 \text{ tn/ha} * 0,74 * 1613 \text{ grCO}_2/\text{kgMS} = 196,5 \text{ tnCO}_2$$

$$\text{GHG} = 41,1249 \text{ ha} * 4 \text{ tn/ha} * 0,74 * 65 \text{ grCO}/\text{kgMS} = 7,91 \text{ tnCO}_2$$

$$\text{GHG} = 41,1249 \text{ ha} * 4 \text{ tn/ha} * 0,74 * 2,3 \text{ grCH}_4/\text{kgMS} = 7,84 \text{ tnCO}_2$$

$$\text{GHG} = 41,1249 \text{ ha} * 4 \text{ tn/ha} * 0,74 * 0,21 \text{ grN}_2\text{O}/\text{kgMS} = 6,77 \text{ tnCO}_2$$

$$\text{GHG} = 41,1249 \text{ ha} * 4 \text{ tn/ha} * 0,74 * 3,2 \text{ grNO}/\text{kgMS} = 103,23 \text{ tnCO}_2$$

$$\Sigma \text{GHG} = 322,25 \text{ tnCO}_2$$

Incertidumbre: se tomó un valor del 20%. Quedando entonces:

$$\Sigma \text{GHG} = 322,25 \text{ tnCO}_2 * 20\% = 387 \text{ tnCO}_2$$

Emisiones producidas por fertilizantes sintéticos: a través de la información suministrada por distribuidores locales se contabilizó las toneladas de fertilizantes sintéticos empleados en la región, los cuales se estiman en 2000 toneladas de fertilizantes, sin tener datos pormenorizados de fertilizantes nitrogenados, fosforados o azufrados, entre los más usados. Se tomó una media de 1000 tn para urea, y 1000 para los sintéticos.

$$\text{CO}_2 = M * \text{EF} * 44/12$$

CO₂ = Emisiones de CO₂ en toneladas

M = Cantidad de fertilización con urea, en toneladas de urea por año

EF = Factor de emisión, toneladas de C por toneladas de urea

44/12 = Conversión de cambios de existencias de C a emisiones de CO₂

$$\text{CO}_2 = 1000 \text{ tn urea/año} * 0,20 \text{ tnCO}_2/\text{tn urea} * 44/12$$

$$\text{CO}_2 = 733,33 \text{ tnCO}_2$$

$$\text{CO}_2 \text{ Fertilizantes sintéticos} = 1000 \text{ tn FS/año} * 0,01 \text{ tnCO}_2/\text{tn FS} * 44/12$$

$$\text{CO}_2 \text{ Fertilizantes sintéticos} = 36,66 \text{ tnCO}_2$$

TOTAL DE EMISIONES: 228539,818 tnCO₂

TOTAL POR HABITANTE: 1,42 tn/hab./año

Para ello se sustrajo el valor de los ítems AFOLU, IPPU, y el 70% de las emisiones de transporte (generadas fuera de los límites del inventario) y un 30% de error en el ítem Residuos.



Raúl Gómez
RAÚL GÓMEZ
Secretario
H. C. Deliberante Magdalena