

DETERMINACIÓN DE LA HUELLA DE CARBONO GENERADA POR LA GESTIÓN DE ESPACIOS VERDES EN LA CIUDAD DE TANDIL, ARGENTINA

Fecha de Recepción
02/02/22

Fecha de Aceptación
04/08/22



Lic. Ana de la Paz Andrade

Centro de Investigaciones y Estudios Ambientales (CINEA),
FCH, Universidad Nacional del Centro de la Provincia de
Buenos Aires
anaandrade812@gmail.com
Argentina

ORCID ID

Licenciada en diagnóstico y Gestión ambiental. Facultad de ciencias Humanas. Tandil. Universidad del centro de la provincia de Buenos Aires. Capacitación para formación docente de técnicos y profesionales. Universidad FASTA, Argentina.



Dra. Elsa Marcela Guerrero

Centro de investigaciones y estudios ambientales (CINEA),
 FCH, Universidad Nacional del Centro de la Provincia de
 Buenos Aires
 emarguerr@gmail.com
 Argentina

ORCID ID

Doctora en Geografía (2015, Universidad del Salvador, Argentina), Master en Gestión Ambiental del Desarrollo Urbano GADU (1999, UNMDP), Master en Economía Ecológica y Gestión Ambiental (2000 UAB, ESPAÑA) y Profesora y Licenciada en Geografía (1986 y 1990, UNICEN). Profesora titular exclusiva. Dto. Ciencias Ambientales. Facultad de Ciencias Humanas, UNICEN, Argentina. Directora del Centro de Investigaciones y Estudios Ambientales (CINEA). Facultad de Ciencias Humanas, UNICEN. Editor Revista Estudios Ambientales <https://ojs2.fch.unicen.edu.ar/ojs-3.1.0/index.php/estudios-ambientales/> Ha escrito libros, capítulos de libros y artículos en revista académicas. Integra varios comités editoriales de revistas científicas y es miembro de la Asociación Argentina Uruguay de Economía Ecológica (ASAUEE).

Resumen

Las ciudades producen diversidad de residuos, algunos de los cuales, como los orgánicos, mal gestionados pueden generar emisiones de Gases Efecto Invernadero que favorecen el cambio climático global. Se consideraron las actividades de mantenimiento de los espacios verdes públicos y jardines privados en 2019, en Tandil, una ciudad media de 150.000 habitantes ubicada en el SE de la provincia de Buenos Aires y se determinaron las contribuciones directas e indirectas de emisiones de gases efecto invernadero de esos residuos. Para contabilizar las emisiones se empleó la metodología PAS 2050 internacionalmente utilizada para la certificación de gases efecto invernadero en el contexto del Ciclo de Vida de productos y servicios. Las emisiones equivalentes en toneladas de carbono se obtuvieron a partir de datos vinculados a la generación, composición y tratamiento de estos residuos en el ámbito público y privado. Se realizaron encuestas a los prestadores privados del servicio y entrevistas en el área de gestión de espacios verdes del municipio. Se obtuvo como resultado una huella de carbono de la gestión de las áreas verdes urbanas y jardines de 425,28 TCO₂. El mayor porcentaje de esas emisiones corresponde a las emisiones indirectas asociadas al transporte y funcionamiento maquinarias de poda (gasoil y nafta). Le siguen las emisiones asociadas al riego por bombeo de agua desde el acuífero subterráneo que es transportada a destino en camiones. Y en tercer lugar, se encuentran las contribuciones directas de los residuos de poda y mantenimiento -restos de césped, hojas, ramas y arbustos.

Palabras clave: emisiones de carbono; gases efecto invernadero; residuos orgánicos de poda; mantenimiento jardines.



**DETERMINING THE CARBON
 FOOTPRINT CAUSED BY MANAGING
 GREEN SPACES IN THE CITY OF
 TANDIL, ARGENTINA**

**DÉTERMINATION DE L'EMPREINTE
 CARBONE GÉNÉRÉE PAR LA GESTION
 DES ESPACES VERTS DE LA VILLE DE
 TANDIL, ARGENTINE**

Abstract

Cities produce a diversity of waste, such as organic waste, which, when poorly managed, can generate Greenhouse Gas Emissions (GGE) that contribute to global climate change. The maintenance activities of public green spaces (GS) and private gardens in 2019 were considered in Tandil, an average city of 150,000 inhabitants located in the SE of the province of Buenos Aires, and the contributions of direct and indirect GGE from this waste were determined. The PAS 2050 methodology, used internationally for GGE certification purposes in the context of the Life Cycle of products and services, was used to account for the emissions. The equivalent emissions in tons of carbon were obtained from data related to the generation, composition, and treatment of this waste in the public and private spheres. Surveys were applied to private service providers and interviews with the management of green spaces in the

Résumé

Les villes produisent divers déchets, dont certains, comme les déchets organiques, peuvent, s'ils sont mal gérés, générer des émissions de gaz à effet de serre qui contribuent au changement climatique mondial. Nous avons examiné les activités d'entretien des espaces verts publics et des jardins privés en 2019 à Tandil, une ville moyenne de 150.000 habitants située au sud-est de la province de Buenos Aires, et déterminé les contributions directes et indirectes des émissions de gaz à effet de serre provenant de ces déchets. La méthodologie PAS 2050, utilisée au niveau international pour la certification des émissions de gaz à effet de serre dans le cadre du cycle de vie des produits et des services, a été utilisée pour comptabiliser les émissions. Les émissions équivalentes en tonnes de carbone ont été obtenues à partir des données liées à la production, à la composition et au traitement de ces déchets dans les secteurs public et

municipality. As a result, a carbon footprint of green spaces and garden management of 425.28 TCO₂ was obtained. The highest percentage of these emissions corresponds to indirect emissions associated with transporting and operating pruning machinery (diesel and gasoline). This is followed by emissions associated with irrigation by pumping water from the underground aquifer that is transported to its destination by truck. And in third place, there are the direct contributions of pruning and maintenance residues - grass clippings, leaves, branches, and shrubs.

Keywords: carbon emission; greenhouse gases; organic waste; pruning; maintenance of gardens

privé. Des enquêtes ont été menées auprès des prestataires de services privés et des entretiens ont été réalisés avec le service de gestion des espaces verts de la municipalité. Il en résulte une empreinte carbone de 425,28 TCO₂ provenant de la gestion des espaces verts et des jardins urbains. Le plus grand pourcentage de ces émissions correspond aux émissions indirectes associées au transport et au fonctionnement des machines d'élagage (diesel et naphtha). Viennent ensuite les émissions liées à l'irrigation par pompage de l'eau de la nappe phréatique qui est transportée par camion jusqu'à sa destination. Enfin, les déchets d'élagage et d'entretien (herbe coupée, feuilles, branches et arbustes) contribuent directement à ces émissions.

Mots clés: émissions de carbone ; gaz à effet de serre ; déchets organiques de taille et d'entretien des jardins.

Introducción

Las emisiones de gases de efecto invernadero son una de las principales preocupaciones ambientales en las primeras décadas del siglo XXI. Desde la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (UNFCCC) y el Protocolo de Kioto de 1997, muchos países han emprendido acciones para reducir esos gases a través de sus políticas y legislaciones. Más recientemente en 2021, en Glasgow, Escocia se firmó el acuerdo COP26 que reconoce al carbón como responsable de la crisis climática. Por ello unas 200 naciones llegaron a un acuerdo climático en la COP26, en donde se incluye por primera vez una referencia explícita al rol de los combustibles fósiles en la crisis climática, y se reconoce la necesidad de la reducción del uso de carbón como combustible, por ser el más gas efecto invernadero de los combustibles fósiles.

Muchas actividades humanas contribuyen con la producción de Gases efecto invernadero. En el ámbito urbano la gestión de los residuos sólidos urbanos, son una fuente importante de estos gases. Los cambios en el tamaño de la población, la expansión urbana y los hábitos de consumo son responsables del crecimiento de los residuos. En la gestión de estos residuos, los que no son degradables se acumulan, y los de lenta descomposición generan efectos en el entorno. De acuerdo con la Dirección Nacional de Gestión Integral de Residuos (DNGIR), dependiente del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sustentable (MAyDS), Argentina sería un país de rango medio considerando la generación per cápita diaria de Residuos urbanos que implica un promedio diario por habitante de residuos de 1,03 kilos, equivalente a casi 45.000 toneladas diarias para el total de la población (una tonelada cada dos segundos) y alrededor de 16,5 millones cada año (El cronista, 2018).

De los Residuos urbanos¹ totales que se generan en Tandil, una parte es reciclada en forma particular y a través de recuperadores urbanos, sin embargo, y de acuerdo con Villalba et al (2020) la recuperación es muy baja (2,3% ± 0,16) y está impulsada principalmente por el Sector de Recuperación Informal. El resto de los residuos, unas 130 toneladas diarias tienen como disposición final el relleno sanitario. La composición de esa fracción responde en general a la media argentina (figura 1), siendo importante el aporte de la fracción orgánica (49%).



Figura 1. Composición de los Residuos sólidos urbanos argentina (2018)

En 2015, la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de Argentina (SAyDS) presentó el Inventario de Gases de Efecto Invernadero. Este inventario reveló que Argentina contribuye con el 0,88% de las emisiones de gases de efecto invernadero de todo el Mundo, colocándose en el puesto número 21 en relación con el resto de los países (Secretaria de Medio Ambiente y Desarrollo Sustentable [SADS], 2015).

En Argentina, la contribución de los RSU al balance de gases del país alcanza las 6,84 Mt CO₂ eq., equivalente a un 2 % del total /Inventario de gases efecto invernadero 2017. Esta matriz, en coincidencia con Salmeron Gallardo et al (2017), indicaría que las emisiones de Metano (CH₄) se encuentran en el quinto lugar entre todas las fuentes de Dióxido de Carbono equivalente (CO₂-eq), representando la fuente más importante de contaminación y afectación económica, social y ambiental. Las emisiones aportadas por el biogás que se produce durante la descomposición de residuos sólidos urbanos en los vertederos, contienen Dióxido de Carbono (CO₂), Metano (CH₄) y Óxido Nitroso (N₂O), contaminantes que generan una problemática al ambiente y bienestar público, intensificado de esta manera las concentraciones de GEI en la atmósfera y contribuyendo al efecto invernadero natural a través de emisiones antropogénicas que aportan al problema del cambio climático.

En ese contexto, la adopción de un enfoque sostenible de la gestión de los residuos sólidos urbanos para reducir sus contribuciones al cambio climático requiere de información sobre el monto de las emisiones directas e indirectas asociadas a la composición de la fracción orgánica, las fuentes de esos residuos y el diseño de estrategias para reducir su contribución en el balance total y parcial de estos gases. En ese sentido, el indicador de huella de carbono complementariamente con otros indicadores de gestión de residuos, puede ser útil para apoyar la toma de decisiones y delinear políticas de gestión de residuos, así como producir estrategias de gestión de bajo impacto respecto al cambio global. Es por ello que se propuso identificar y cuantificar la cantidad de emisiones gaseosas (CO₂) implicadas en la gestión de los residuos orgánicos relacionados a la poda de jardines particulares y de la gestión de espacios verdes públicos y de esta forma obtener la Huella de Carbono asociada a residuos orgánicos de poda y jardinería.

Materiales y métodos

La Huella de carbono representa la cantidad de gases efecto invernadero emitidos a la atmósfera, derivados de la producción o consumo de bienes y servicios (Valderrama, 2012). La Huella se mide en toneladas equivalentes de dióxido de carbono (tCO₂eq). Para el cálculo se requiere considerar los factores de emisión (FE) asociados al efecto invernadero de las emisiones de gases. Estos factores de emisión son valores genéricos y altamente agregados.

El valor final de la Huella, en unidades de CO₂ equivalente se obtiene de la suma de las huellas de carbono parciales (considerando factores de emisión para cada material y un tratamiento o cantidad de este material tratado en esta opción de gestión), de los diferentes tratamientos de residuos sólidos urbanos.

Para producir los datos sobre la gestión de estos residuos y sus emisiones de gases efecto invernadero se consideraron como unidades de observación los espacios verdes y jardines de Tandil privados y públicos; el volumen de residuos generados de la poda y corte de pasto, y las emisiones directas asociadas (vehículos de transporte de residuos, disposición y emisiones por descomposición, combustible destinada al corte, mano de obra implicada, etc.). Las unidades

de observación correspondieron a los Espacios verdes públicos que se encuentran distribuidos en la ciudad en la trama urbana. En 2019 se identificaron 129 espacios de gestión municipal, representando una superficie total de 250 has. El conjunto de los denominados Espacios verdes comprende: Plazas, Plazoletas, Parques urbanos, Parques lineales y Reservas naturales.

Como unidades de información del sector público se identificó la Dirección de gestión de estos espacios a nivel del Municipio y se realizó la observación documental y observación directa de esta gestión. A nivel privado, se identificaron las empresas/personas de corte y poda locales (que fueron sujetos a encuestas). La selección de la muestra fue a partir de considerar el universo de empresas e individuos particulares dedicados a los servicios de corta y poda de jardines en internet a través de una encuesta realizada en septiembre 2018 en Tandil, Provincia de Buenos Aires. De un universo de 100 prestadores del servicio se encuestaron 80 personas que estaban dispuestos a responder. Se realizaron encuestas anónimas y voluntarias. Del total solo se consideraron el 60% que se respondieron en forma completa. La encuesta se realizó entre el 1 y el 28 de septiembre de 2018. Las dimensiones y variables seleccionadas para la encuesta permitieron estimar el volumen de residuos que se genera, las prácticas empleadas en los servicios de mantenimiento de jardines y parques privados y las emisiones indirectas para el cálculo de Huella de Carbono.

Para el cálculo de la huella de carbono se empleó la metodología PAS 2050 desarrollada por la British Estándar Institute (BSI) con el apoyo de DEFRA (Departament for Environment, Food and Rural Affairs) y la Fundación Carbon Trust basada en la metodología de análisis del ciclo de vida (Norma ISO 14004 y 14044:2006) y en la norma de eco-etiquetado (ISO 14021).

Se determinaron:

- Emisiones directas de Gases efectos invernadero en los propios tratamientos, que tienen lugar dentro de los límites geográficos del municipio de Tandil.
- Emisiones indirectas de Gases efectos invernadero, asociadas al consumo de combustibles en la recogida de los residuos.

Pasos para la generación de datos:

1. En el proceso de recopilación de datos, se debió registrar para cada una de las fuentes de emisión, los factores de emisión como los datos de la actividad.
2. Los datos son expresados por período de tiempo y se usaron para el cálculo de Huella de Carbono
3. Para tomar los datos directos (emisiones primarias), los mismos fueron cedidos por la dirección de Espacios verdes y públicos de la ciudad de Tandil y mediante los resultados arrojados por las encuestas realizadas de espacios verdes privados.
4. La Dirección de parques y paseos del Municipio, también aportó datos que permitieron inventariar los vehículos, maquinarias y otras contribuciones indirectas.

Resultados

Determinación del volumen de los residuos orgánicos procedentes del mantenimiento de Espacios verdes públicos

Diariamente la Dirección de Espacios Verdes Públicos realiza tareas de mantenimiento de zonas verdes urbanas de la ciudad. Estas tareas generan restos de césped, hojas, ramas y arbustos que son transportados por los camiones al relleno sanitario. La cantidad que se produce diariamente de este tipo de residuos oscila entre 17 y 18 mil kilos, dependiendo de la época del año, ya que hay variabilidad estacional por condiciones de clima templado húmedo. La figura 2 sintetiza el circuito de Gestión de los Residuos generados en los espacios verdes públicos, de la ciudad de Tandil.

Figura 2. Sistema de Gestión de Espacios Verdes Públicos, Tandil.

Fuente: Basado en base Dirección de Espacios verdes y públicos de la ciudad de Tandil, 2018.



Características de la gestión y disposición final de restos de poda del arbolado público en Tandil

Los trabajos de poda del arbolado urbano -poda de levante, conducción, despeje de luminarias, gajos secos, quebrados o muertos- de la ciudad se desarrollan durante todo el año; mientras que el descope, aunque casi nulo, se realiza en los meses de invierno. Los restos de leña son aprovechados por la Dirección de Espacios verdes públicos a la Subsecretaría de Desarrollo Social de la ciudad de Tandil, que los distribuye en hogares populares como combustible de calefacción en viviendas sin acceso a la red de gas natural en los meses de invierno.

La tabla 1 resume los diferentes vehículos avocados en el mantenimiento de espacios verdes municipal. Estos datos permitieron estimar la contribución de las emisiones de gases efecto invernadero indirectas asociadas a la gestión de espacios verdes públicos. La última columna estima el consumo de combustible que es una medida indirecta de las emisiones convertible a unidades equivalentes de carbono (CO₂/eq.) que se generan a partir de la gestión pública de parques y paseos públicos.

Tabla 1. Inventario de vehículos que intervienen en el servicio de gestión de espacios verdes

Rodado	Marca	Modelo	Año	Función	Combustible	Consumo anual (litros)
Camión volcador	Dodge	DP 600	1978	Traslado de material/limpieza	Diesel	2.345
Camión volcador	Dodge	DP 600	1978	Traslado de material/limpieza	Diesel	110
Hidroelevador	M. Benz	L710	1993	Tareas de arbolado	Diesel	3.432
Hidroelevador	Ford	F 4000	1993	Tareas de arbolado	Diesel	2.270
Hidroelevador	Ford	350	1987	Tareas de arbolado	Diesel	2.141
Pick up	Ford	Courier xL	2008	Tramites/verificación/carga ligera	Nafta	
Pick up	Ford	f-100 4x2	1998	Control de trabajo/cargas medianas	Diesel	4.896
Pick up	Chevrolet	Luv	1980	Móvil en reparación	Diesel	s/d
Pick up	Amarok		2017	Control de trabajo/cargas medianas	Diesel	s/d
Furgón	Renault	Express	1997	Tareas de reparación de juegos	Diesel	593

Furgón	Renault	Express	1997	Tareas de reparación de juegos	Diesel	s/d
Micro/omni-bus	M.Benz	OF1215/45	1993	Traslado de personal/maquinarias	Diesel	s/d
Pala	Michigan	45	2010	Movimiento de suelos	Diesel	2.563
Motocargo	Motomel	200cc	2013	Corte de rebrotes de árboles/limpieza	Nafta	s/d
Tractor	Deutz	Ax 565	1995		Diesel	1.706
Tractor	Fiat	540	1978		Diesel	600
Tractor	Massey	Fergusson 1475	1995		Diesel	7.394
Tractor	Massey	Fergusson 1977	1977		Diesel	4.160
Tractor	Hanomang	25H	2008		Diesel	1.232
Tractor	Hanomang	25H	2010		Diesel	200
Tractor	Goldoni		1997		Diesel	s/d
Tractor	Huswarna		2011		Diesel	s/d
Tractor	Huswarna		2011		Diesel	s/d

Fuente: Basada en Dirección de espacios verdes y públicos de la ciudad de Tandil, 2018, Andrade, 2019.

La tabla 2 considera el conjunto de maquinarias utilizadas por la Dirección de espacios verdes del municipio de Tandil en las tareas de mantenimiento de esta área.

Tabla 2. Inventario de maquinarias que intervienen en el servicio

Cantidad	Maquinaria	Función
26	Motoguadañas	Limpieza de terrenos
12	Motosierras	Cortar troncos/tala de árboles/poda
7	Sopladoras	Limpieza
8	Yuyeras	Cortar malas hierbas

Fuente: Basada en Dirección de Espacios verdes y públicos de la ciudad de Tandil, 2018, Andrade, 2019.

La tabla 3 resume los datos de consumo de agua para riego, en base a la superficie total de los espacios verdes públicos. Estos datos fueron aportados por la Dirección de espacios verdes del Municipio de Tandil.

Tabla 3. Datos de superficie y consumo de agua del riego de espacios verdes

Total EV	Sup. Total Ha	Sup. Total m ²	Consumo litro/ m ³ día	Consumo litro/ m ³ mes	Total/año l/m ³
129	250	2.500.000	1.666,66	50. 000	l/m ³
Total año					608.333,33

Fuente: Basada en base Dirección de Espacios verdes y públicos de la ciudad de Tandil, 2018, Andrade, 2019.

Características de la gestión privada de Espacios Verdes

En base a las encuestas se pudo caracterizar la actividad de mantenimiento de los jardines de gestión particular o privada. En general se trata de un servicio contratado por particulares y que trabaja en forma individual o en grupos pequeños de dos o tres personas. En general, realizan diversas actividades de mantenimiento y jardín como el desmalezado, la siembra de césped, corte de césped, mantenimiento en general, poda de árboles y plantas, fertilización, colocación y sacado de plantas y árboles, limpieza de canteros, riego y reparación de cercos verdes. Emplean diversos medios de transporte: vehículos/maquinarias: camionetas, carros, desmalezadoras, máquinas de empuje, tractores, motoguadañas, motosierras, podadoras, bordeadoras, corta cerco y sopladoras, según lo arrojaron las encuestas realizadas. La figura 3 sintetiza el circuito de Gestión de los Residuos generados en los EV privados, de la ciudad de Tandil.

Figura 3. Sistema de Gestión de Espacios Verdes Privados, Tandil**Fuente: elaboración en base a las encuestas realizadas, Tandil 2018.**

Este circuito de gestión de los residuos orgánicos (restos de poda y vegetales) de los espacios verdes privados es variable y depende de la decisión del dueño del parque o jardín. En general, el destino final de estos residuos comprende diferentes caminos. Una proporción es dispuesta por los dueños en los contenedores municipales que se localizan en la trama urbana para luego ser trasladados, por los recolectores municipales al relleno sanitario, o si se trata de contenedores privados contratados para escombros y tierra, una vez retirados se disponen en terrenos baldíos, cavas o terrenos en diferentes zonas de la ciudad. Ello representa una problemática que es denunciada por vecinos porque se constituyen en focos de plagas y olores, porque contienen residuos diversos además de los residuos de demolición para los que se disponen. Otra parte de la fracción orgánica generada, es trasladada por las empresas contratadas en el mantenimiento de espacios verdes privados, y depositados en el relleno sanitario. El resto, una pequeña porción, señaló que se queda con los residuos para generar compost o alimentar animales. Las encuestas realizadas dan un volumen de residuos orgánicos generado de las actividades de corte y poda de 1.700 kg/semana que se generan a partir de la actividad privada, y que en un gran porcentaje son enviados al relleno sanitario, como disposición final.

Caracterización de la gestión privada de residuos de corte y poda

La figura 4 representa las respuestas obtenidas respecto al tiempo de inicio en la actividad de privada de gestión jardines particulares. Del total de los encuestados; el 18%; respondió que inicio la actividad hace menos de un año, el 38%; entre dos y cinco años, el 12%; más de cinco y menos de diez años, el 18%; entre diez y catorce años y el 13%; más de catorce años iniciada la actividad.

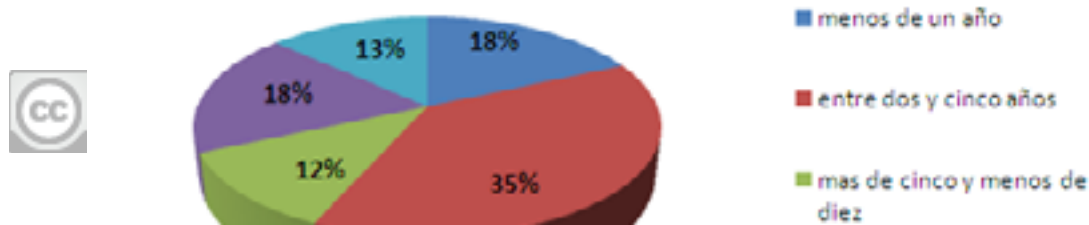
Inicio en la actividad de mantenimiento de parques y jardines privados

Figura 4. Promedio de años de inicio en la actividad de mantenimiento de Espacios verdes privados

Fuente: Basada en Servicio de mantenimiento de espacios verdes privados de la ciudad de Tandil, septiembre 2018.

En relación a la cantidad de personas que trabajan en la actividad, es necesario señalar que en la mayoría de los casos se trata de trabajo unipersonal que comprende un 82% de las respuestas y los que comprenden dos o más personas un 18%.

Frente a la pregunta sobre disponibilidad de vehículos y tipo, así como maquinarias que emplean, las respuestas fueron variadas y se sintetizan en la figura 5. Muestra los porcentajes correspondiente a las maquinarias/ vehículos utilizados en la actividad de mantenimiento de espacios verdes privados. Del total de los encuestados: el 14% utiliza camioneta, el 6% carros, el 17% desmalezadoras, el 14%; máquinas de empuje, el 6%; tractores, el 11%; motoguadañas, el 9%; motosierras, el 6%; podadoras, el 12%; bordeadoras y el 3% emplean sopladoras en las actividades de mantenimiento de espacios verdes privado.

Los vehículos/ maquinarias utilizados por los encuestados consumen gasoil, nafta y aceite, estos datos son analizados más detalladamente en los cálculos de emisiones de GEI, estipulando cantidad y tipo de combustible consumido.

Vehículos y maquinarias empleados en la actividad

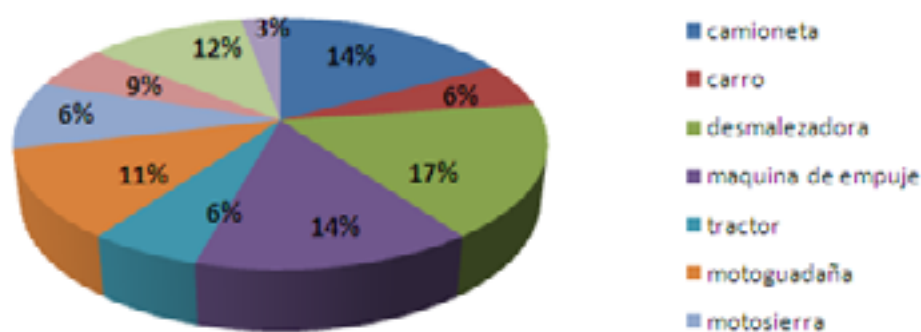


Figura 5. Porcentaje según tipo de vehículos/máquinarias empleados en la actividad de mantenimiento de EV privados

Fuente: Basada en el Servicio de mantenimiento de espacios verdes privados de la ciudad de Tandil, septiembre 2018.

Respecto a las actividades que realizan en el mantenimiento de los jardines. Del total de los encuestados: el 20%; realizan desmalezado, el 5% siembra, el 24%; corte de césped, el 8%; mantenimiento en general, el 24% poda, el 4% fertilización, el 2%; colocación de plantas, el 6% limpieza de canteros, el 4% riego y el 3% realizan reparación de cercos y jardines. La figura 6 muestra la distribución de esos porcentajes de actividades en el trabajo de mantenimiento de espacios verdes privados.

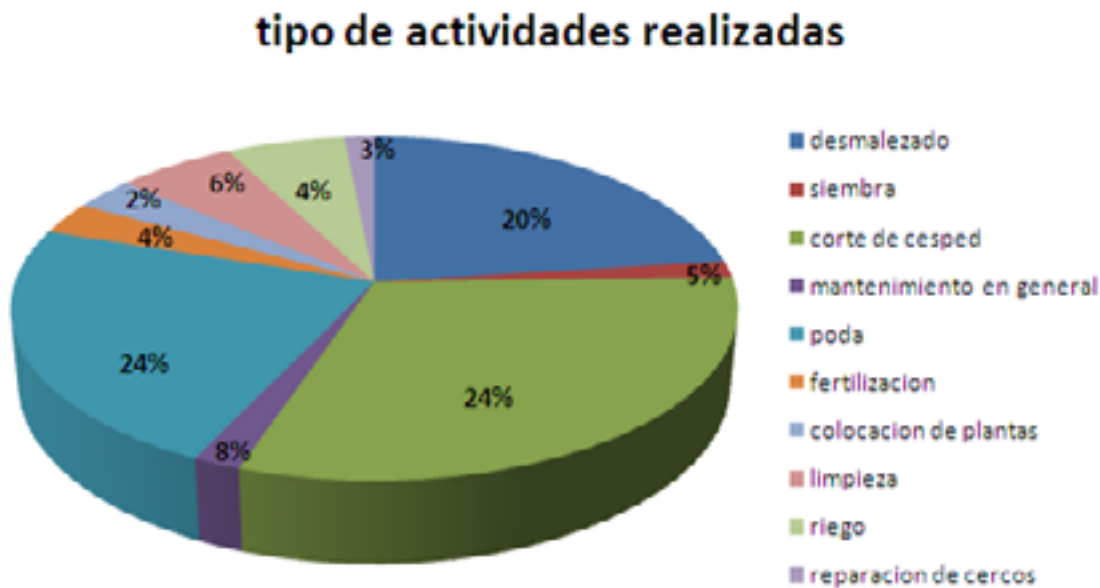


Figura 6. Porcentaje de actividades realizadas en el mantenimiento de espacios verdes privados

Fuente: Basada en el Servicio de mantenimiento de espacios verdes privados de la ciudad de Tandil, septiembre 2018.

Respecto al uso de riego como tarea en el mantenimiento de jardines y parques, del total de los encuestados: el 80% no realiza riego, mientras que el 20% restante sí. Sobre el tipo de riego de las respuestas afirmativas, el 50%; realiza riego manual, el 25% goteo y el 25% restante por aspersion. Respecto al uso o empleo de elementos químicos en sus tareas de mantenimiento de espacios verdes, del total de los encuestados: el 70%; no utiliza ningún tipo de elemento químico, mientras que el 30% restante si lo emplea en la actividad de mantenimiento de espacios verdes privados.

La disposición de los residuos generados a partir de estas tareas refleja que un 82% de la muestra transporta los residuos generados en la actividad y los disponen principalmente en el relleno sanitario como destino final; mientras que el 18% restante: indican que son los dueños del espacio verde privado quienes realizan el transporte de los residuos, muy probablemente a través del circuito municipal en bolsas. Vinculado a como se distribuyen las actividades durante el año y como afecta la generación de residuos de césped y poda, el 100% manifestó que realizan esta actividad durante todo el año, con mayor incidencia en los meses de otoño/invierno asociado a la época de poda de parques y jardines y que en la poda se generaban más ramas y en verano césped.

Huella de carbono de restos de mantenimientos de espacios verdes públicos y privados

La tabla 4 muestra las fuentes de emisión directas e indirectas identificadas en el caso bajo análisis, los factores de emisión asociados a esas fuentes, y la referencia de donde se obtuvo el factor de emisión asignado.

Tabla 4. Fuentes de emisiones y factores de equivalencia considerados

Fuente de emisión	Factor de emisión	Unidades	Fuente de datos
Gasoil	2,77	Kg CO ₂ /l	IPCC, 2007
Fertilizantes	2	Kg CO ₂ /kg	Inventario nacional de GEI España 1999-2021
Pesticidas	8	Kg CO ₂ /kg	Inventario nacional de GEI España 1999-2021
Electricidad	0,48	kg CO ₂ /kw h	Ministerio de energía y minería de la Nación
Agua potable	267	Gr CO ₂ /kw h	Oficina Catalana del Canvi Climàtic
Residuos vegetales	0,15	t CO ₂ / T residuo	Inventario nacional de GEI España 1999-2021

Fuente: IPCC, Inventario Nacional de GEI España 1999-2021, Ministerio de Energía y Minería de la Nación Argentina 2015, Oficina Catalana del Canvi Climàtic, 2012.

Para el cálculo de la huella de carbono de los residuos orgánicos de la gestión de espacios verdes públicos y privados se empleó la siguiente fórmula:

$$Q * F = \text{ton CO}_2 \text{ e}$$

Q = cantidad de producto a medir (kg, kw/h, L)

F = factor de emisión

Para determinar su contribución al gas efecto invernadero asociado a la recolección y transporte a destino final se tuvieron en cuenta las contribuciones de las siguientes variables:

- Contribuciones indirectas de la Maquinaria móvil: Las emisiones de gases efecto invernadero se calcularon de acuerdo a los factores de emisión sugeridos por el IPCC. En las directrices del IPCC se describen dos métodos para estimar las emisiones de CO₂ el método de nivel 1, también llamado de “arriba hacia abajo”; y el método con el que se realizó este trabajo, el método de nivel 2, o de “abajo hacia arriba”. El método del nivel 2, estima las emisiones en dos etapas o pasos. El primer paso consiste en estimar el combustible consumido por tipo de vehículo y tipo de combustible. El segundo paso consiste en estimar las emisiones totales de CO₂ multiplicando el consumo de combustible por un factor de emisión apropiado para el tipo de combustible y el tipo de vehículo. Los factores de emisión utilizados corresponden a los que se indican en las directrices del IPCC, ya que no se disponen de datos.
- Contribuciones directas de los Residuos orgánicos: Las emisiones directas de gases efecto invernadero se calcularon considerando los factores de emisión propuestos por el IPCC (2006). La tabla 5 resume el cálculo de Huellas de carbono parciales y totales del servicio de mantenimiento de los espacios verdes públicos del municipio de Tandil, teniendo en cuenta las fuentes de emisión, el consumo, el factor de emisión y la fuente de datos de donde se obtuvo el factor de emisión.

Tabla 5. Cálculo de las emisiones parciales/sub-huellas en toneladas CO₂eq

Emisor	Servicio de Gestión y mantenimiento de EV publico TCO ₂ /eq.	Servicio de Gestión y mantenimiento de EV Privado TCO ₂ /eq.	Total Emisiones TCO ₂	Contribución relativa De la sub-huella (% Emisiones)
Nafta	17,64	93,18	56,82	13,36
Gasoil	93,18	77,13	170,31	40,04
Fertilizantes	9,6	-	9,6	9,6
Residuos Vegetales	32,4	13,29	46,69	10,97
Agua para riego	120,50	21,36	141,86	33,36
Total	-	-	425,28	100

Fuente: elaboración propia, en base encuestas servicio de mantenimiento de espacios verdes privados de la ciudad de Tandil, septiembre 2018, Andrade, 2019.

Discusión

La figura 7 muestra cómo se configura la Huella de Carbono de la gestión de espacios verdes públicos y privados en Tandil. Los mayores aportes se vinculan a emisiones indirectas asociadas al agua de riego que se extrae por bombeo (un 33,36%), las maquinarias empleadas (un 40%) y el transporte de residuos y personas (en otro 13,36 %), representan conjuntamente un 86,96% de las emisiones totales).

Si bien el aporte de los residuos de corte y poda implica un 6% del total de la Huella de Carbono, en términos absolutos el peso, supera las 7 toneladas mensuales. Ello representa un potencial de recuperación y uso en alguna producción o alternativas posibles de aprovechamiento –especialmente el compostaje o la producción de biogás.

En general la producción del biogás se realiza en procesos de digestión anaeróbica en los que mediante una serie de complejas reacciones bioquímicas en ausencia de oxígeno, se genera una mezcla de metano (CH₄) y dióxido de carbono (CO₂), más trazas de otros gases como el vapor de agua, sulfuro de hidrógeno (H₂S), hidrógeno (H₂) y nitrógeno (N₂), entre otros (los cuales se sugiere separar para obtener un biogás más puro y aumentar el poder calórico). Las proporciones varían dependiendo de la composición de la materia en degradación, y cuando el metano representa 45% o más el gas es inflamable. Este biogás puede ser capturado en contenedores y posteriormente utilizado para generar energía calórica y/o eléctrica. La

biodigestión anaeróbica es una tecnología que posee grandes ventajas, ya que logra sanear residuos, convertirlos en abono y fertilizante orgánico, y a la par generar energía (FAO, 2011; Rivas, Faith, & Guillén, 2010).

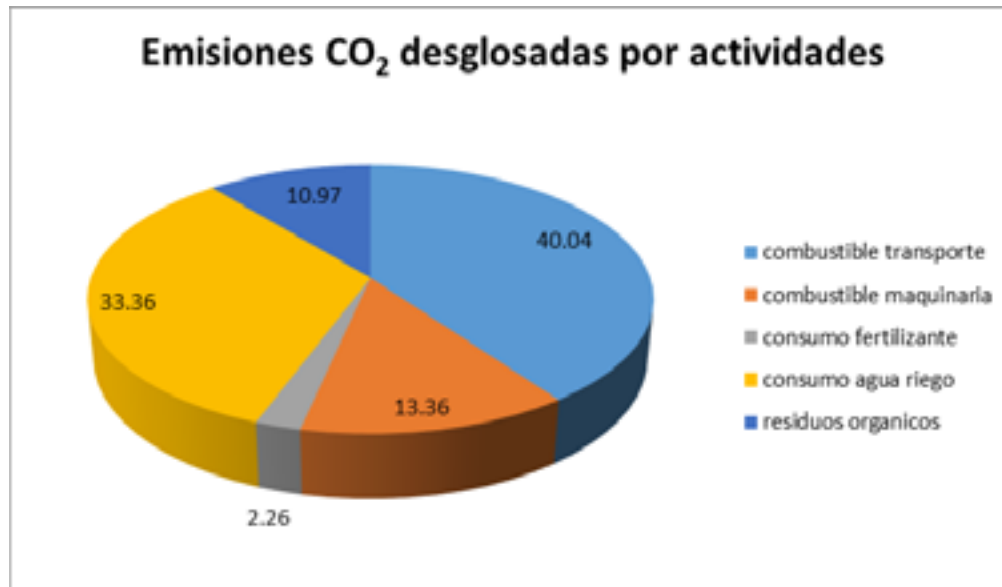


Figura 7. Emisiones directas e indirectas de la Huella de Carbono de la gestión espacios verdes

Cadavid-Rodríguez y Bolaños-Valencia (2015) analizan el aprovechamiento de residuos orgánicos para la producción de energía renovable en la ciudad colombiana de Palmira, obtuvieron que la digestión anaerobia la totalidad de los residuos de frutas y verduras y de poda en un año permitiría producir 5.489 MWh de energía térmica ó 3.295 MWh de energía eléctrica. Los resultados muestran que la digestión anaerobia puede ser una alternativa viable y sostenible para el manejo y disposición de los residuos en los municipios colombianos, con la posibilidad adicional de producir energía renovable para cocinar, iluminación o como combustible para vehículos.

En el caso del análisis de producción de compost a partir de la fracción orgánica de RSU, Hermann, et al (2011) indican que el compostaje doméstico puede ser la mejor opción de tratamiento de residuos orgánicos ya que tiene como beneficio adicional generar un acondicionador de suelos; además, la temperatura natural que se utiliza en el hogar para

realizar el compostaje tiene un gran efecto sobre la reducción de CH₄ y N₂O; por tal razón, el compostaje doméstico tendría mayor crédito en términos de reducción de la Huella de Carbono.

En cualquier caso, la elección de la gestión adecuada de los residuos las opciones dependerán de las condiciones y los recursos locales, así como la composición de los desechos de los hogares. No obstante, la literatura sobre el tema alienta y favorece ambas estrategias de aprovechamiento, como menos gas efecto invernadero y en el caso del compostaje genera un subproducto que contribuye con producciones que requieren como base el suelo.

Conclusiones

En la toma de decisiones sobre una gestión sustentable de la fracción orgánica vinculada a espacios verdes públicos y privados, la generación de datos se constituye en un punto decisivo en toma de decisiones y la gestión ambiental en general. Conocer las tasas de generación de estos residuos permite planificar estrategias de gestión que minimicen ciertos impactos al ambiente. En Argentina y considerando los residuos orgánicos que se disponen finalmente en rellenos sanitarios ocupan un alto porcentaje (un 49%). En especial, la fracción asociada a residuos de poda y mantenimiento de jardines y parques se agrega que no necesariamente deberían mezclarse con el resto del flujo de Residuos Sólidos Urbanos, y ello mejoraría sustancialmente en el caso de decir por una estrategia para la producción de compost. Sin embargo, podría servir opcionalmente como combustible para procesos anaeróbicos y la producción de biogás. Ambas decisiones están limitadas por la continuidad y variabilidad en la tasa de generación, dependen de políticas y la aceptación de los actores involucrados del transporte, acopio y disposición diferenciada. La revisión de antecedentes en este sentido alienta a avanzar en este camino.

Con el objetivo de reducir la huella de carbono de la gestión de espacios verdes de residuos que hoy no se aprovechan, se han propuesto dos opciones de gestión que, si bien no anulan la producción de GEI, otorgan valor a una fracción de la materia orgánica como insumo de otras producciones, al tiempo que reducen en forma indirecta las contribuciones de producir energía o abonos con otras materias primas.

Referencias Bibliográficas

- Andrade, A. de L.P: (2019) Huella de carbono de residuos orgánicos en la ciudad de Tandil 2018 : el caso de la gestión de jardines y espacios verdes públicos y privados Tesis de grado. Fecha: 2019-11 Facultad de Ciencias Humanas, Universidad nacional del de Centro de la Provincia de Buenos Aires. Disponible en: <https://www.ridaa.unicen.edu.ar/xmlui/handle/123456789/760/browse?type=author&value=Andrade%2C+Ana+de+la+Paz>
- Cadavid-Rodríguez, L. S., & Bolaños-Valencia, I. V. (2015). Aprovechamiento de residuos orgánicos para la producción de energía renovable en una ciudad colombiana. *Energética*, (46), 23-28.
- El cronista digital (2018) Producción de basura: cuál es la realidad en Argentina y qué se podría hacer. <https://www.cronista.com/responsabilidad/Produccion-de-basura-cual-es-la-realidad-en-Argentina-y-que-se-podria-hacer-20180302-0075.html>
- FAO (2011) Global food losses and food waste: extent, causes and prevention. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
- Hermann, B. G., Debeer, L., De Wilde, B., Blok, K., & Patel, M. K. (2011). To compost or not to compost: Carbon and energy footprints of biodegradable materials' waste treatment. *Polymer Degradation and Stability*, 96(6), 1159-1171.
- INDEC. (2022). Censo 2022. Resultados Previsionales. [En línea] Recuperado de <http://www.indec.gov.ar/>
- Inventario Nacional de GEI España 1999-2021, inventario nacional de emisiones a la atmosfera. Emisiones de gases efecto invernadero. Ministerio para la transición ecológica y el reto demográfico. Secretaria de estado Y medio ambiente. Dirección de calidad y evaluación ambiental. Disponible: <https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/sistema-espanol-de-inventario-sei-/Inventario-GEI.aspx>
- Ministerio de Energía y Minería de la Nación Argentina. (s.f). Ministerio de Energía y Minería de

la Nación Argentina. <https://www.minem.gob.ar/> (último acceso: Julio de 2016)

Oficina Catalana del Canvi Climàtic (2012). Estrategia catalana de adaptación al cambio climático (escacc) https://www.google.com/l?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKewixu8zL4cX3AhVQLrkGSHSADgQFnoECAUQAQ&url=https%3A%2F%2Fcanviclimatic.gencat.cat%2Fweb%2F.content%2F02_OFICINA%2Fpublicacions%2Fpublicacions_de_canvi_climatic%2FPlanificacio_i_estrategies_cc%2Fresum_executiu_escacc.doc_es.pdf&usg=AOvVaw1iC67i9dJSIMPywygg2fOQ

Rivas-Solano, O., Faith-Vargas, M., & Guillén-Watson, R. (2010). Biodigestores: factores químicos, físicos y biológicos relacionados con su productividad. *Revista Tecnología en Marcha*, 23(1), ág-39.

Salmeron Gallardo, Y. A., Cabrera_Cruz, R. B. E., Sampedro Rosas, M. L., Rosas Acevedo, J. L., Rolón-Aguilar, J. C., & Juárez López, A. L. (2017). Emisiones de Gases de Efecto Invernadero en Vertederos de Residuos Sólidos Urbanos Huella de Carbono en Acapulco, México.

Villalba, L., Donalisio, R. S., Basualdo, N. E. C., & Noriega, R. B. (2020). Household solid waste characterization in Tandil (Argentina): Socioeconomic, institutional, temporal and cultural aspects influencing waste quantity and composition. *Resources, Conservation and Recycling*, 152, 104530.

Notas:

1 La Estrategia Nacional para la Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos (ENGIRSU, 2010) sostiene que, en el período 2005-2010, los orgánicos, el papel y el vidrio redujeron su participación, mientras que la proporción de plástico aumentó, en concordancia con la tendencia mundial.