



ESTIMACIÓN DE LA SUBHUELLA DE ABSORCIÓN DE CO₂ DEL PARTIDO DE GRAL. PUEYRREDÓN (ARGENTINA), DEL AÑO 2010.

María Cecilia Gareis^{1,2}
cecilia_gareis@hotmail.com
Rosana Fátima Ferraro²
rosanaferraro_2@hotmail.com

^{1,2} CONICET-²Centro de Investigaciones Ambientales (CIAM) –
Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Diseño – Universidad Nacional de Mar del Plata.

Resumen

Las sociedades actuales, al no poder satisfacer su propia demanda de bienes y servicios a partir del territorio productivo que poseen, deben importar biocapacidad de otros ecosistemas. La Huella Ecológica (HE) es un indicador que permite aproximarse a esa relación entre los recursos que son demandados por una comunidad y el territorio productivo necesario para satisfacer la demanda de la comunidad y se estima calculando un conjunto de subhuellas. El presente trabajo presenta una primera aproximación a la Huella de Carbono (HC) del partido de General Pueyrredón (provincia de Buenos Aires, Argentina) como paso previo al cálculo de la subhuella de absorción de dióxido de carbono para el año 2010. Para ello, se utilizó información referida al consumo eléctrico, de combustibles y de gas en red, todos ellos a nivel de partido, se calcularon las emisiones de CO₂ resultantes del uso de los mismos y se los relacionó con la capacidad de absorción de CO₂ de los usos de suelo presentes. Los resultados demostraron que la población de General Pueyrredón requirió el equivalente a 85 veces la superficie del Partido con iguales características para satisfacer su demanda de bienes y servicios.

Palabras claves: indicadores de sustentabilidad urbana - Huella Ecológica – emisiones de dióxido de carbono

Abstract

Nowadays, societies that cannot meet their demand for goods and services from their own productive land, must import bio-capacity from other ecosystems. The Ecological Footprint (EF) is an indicator that allows an approximation to the relationship between the resources in demand in a community and the productive land necessary to satisfy that demand and it is estimated through the calculation of a group of sub-footprints. This paper presents a first approximation to the Carbon Footprint (CF) for General Pueyrredón (province of Buenos Aires, Argentina) as a prior step towards calculating the CO₂ absorption sub-footprint for 2010. To this aim, information about electric, fuel and gas consumption at local level was used, and CO₂ emissions resulting from such uses were calculated and related to the soil use capacity to absorb CO₂. The results showed that the population in general Pueyrredón needed the equivalent to 85 times the surface of the *partido* to meet its demand for goods and services.

Key words: urban sustainability indicator - ecological footprint – CO₂ emissions

¹ Licenciada en Diagnóstico y Gestión Ambiental.

² Magister Scientiae en Gestión Ambiental del Desarrollo Urbano. Licenciada en Ecología y Conservación de los Recursos Naturales Renovables.

1. INTRODUCCION

Para el año 2030 se espera que el 60% de la población mundial viva en ciudades, concentrándose en su mayoría en grandes ciudades, donde las actividades industriales y comerciales tienen un rol preponderante y representan centros de consumo que deben ser abastecidos de algún modo, razón por la cual cobran relevancia en la gestión de los recursos naturales globales (Di Pace, 2004). Siguiendo esta tendencia pero superando la media global, las ciudades de América Latina y el Caribe concentran, actualmente, el 80% de la población.

Este proceso de concentración de población en ciudades que ha experimentado la región ha tenido diferentes patrones, pero en todos los casos se evidencia una deficiencia en la robustez técnica y anticipatoria de las políticas; y ha generado déficits en las condiciones de vida de la población, en la infraestructura y conectividad, entre otros aspectos. Esto ha imposibilitado absorber los costos de la urbanización, situación que encuentra su reflejo en la expansión de los asentamientos informales y en el deterioro de la calidad ambiental (Naciones Unidas, 2012).

La relación entre la disponibilidad de recursos de un territorio y el consumo que de ellos realiza una población es materia de numerosas investigaciones desde diferentes perspectivas: desde aquellas de mirada antropológica, en las que el acento está puesto en las relaciones sociales; pasando por las políticas y económicas, en las que se pone el énfasis en las tensiones que inducen la construcción de la ciudad tal y como se la conoce; hasta estudios que intentan contabilizar el consumo de recursos y la apropiación que se hace de los mismos.

En relación con esto último, existe un conjunto de análisis urbano-ambientales, económicos y políticos que, mediante indicadores, intentan medir esta relación. Entre estos últimos se destaca la Huella Ecológica (HE) diseñada con el objetivo de “medir” o “estimar” la apropiación que realizan las poblaciones humanas de los recursos naturales de su entorno y es definida como: “*El área de territorio ecológicamente productivo (cultivos, pastos, bosques o ecosistema acuático) necesaria para producir los recursos utilizados y para asimilar los residuos producidos por una población definida con un nivel de vida específico indefinidamente, donde sea que se encuentre esta área*” Rees y Wackernagel (1996). La HE brinda una imagen aproximada de la relación existente entre la población de un lugar, el consumo de recursos, la alteración de las condiciones del entorno y su capacidad de carga límite.

La HE es un indicadorⁱ de corte territorial y biofísicoⁱⁱ, perteneciente al conjunto de indicadores denominados de tercera generaciónⁱⁱⁱ. De la relación entre el valor que arroja la HE con el de la biocapacidad local^{iv} se puede estimar en qué medida esa región o localidad es sustentable en términos ambientales, en otras palabras, permite conocer si existe o no sustentabilidad ecológica del lugar estudiado. En el caso en que la productividad local no baste para cubrir los requerimientos de la población que alberga, deberá apropiarse de biocapacidad importada de otros ecosistemas ubicados por fuera de su territorio, siendo esta situación, *a priori* y en términos ambientales, no sustentable.

Los antecedentes muestran que la HE ha sido empleada a distintos niveles y en diferentes lugares del mundo, razón por la cual existen estudios a escala de pequeñas ciudades/municipios (Moore y Global Footprint Network, 2011; Greater London Authority, 2003; Li et al, 2011; Comunidad de Navarra, 2000; García y López Bastida, 2012) como así también a escala de países (Galli et al, 2012^a; Vackár 2012, Minuartia 2008, Muguruza, 2000, Van Vuuren y Smeets, 2000; Mahamud y Suárez, 2007), regiones/continentes (Lenzen y Murray, 2001) y a nivel global (Sutton et al, 2012; Global Footprint Network, 2011).

En forma paralela a los mencionados antecedentes se encuentran aquellos referidos a la huella de carbono (HC), definida como “*una medida de la cantidad total exclusiva de las emisiones de CO₂ que están directa e indirectamente causadas por una actividad o que se acumula en los estadios de vida de un producto*” (Pandey et al, 2011). Si bien existen diferentes posturas respecto de la aplicación de este indicador (Wiedmann y Minx, 2007; East Growcom, 2008; Finkbeiner, 2009;

Glen, 2010), a partir de la utilización del concepto de carbono equivalente (CO-e) es posible calcular la contribución que realizan los distintos gases de efecto invernadero al calentamiento global.

La HE, de manera simplificada, se estima sumando las distintas subhuellas que la conforman o constituyen; una de ellas es la de absorción de CO₂. Sin embargo, es necesario calcular la HC a fin de estimar las emisiones de este gas a la atmosfera.

En los últimos años, la HC adquirió importancia por la creciente preocupación, tanto a nivel nacional como internacional, asociada a la problemática ambiental del calentamiento global (East, 2008). De este modo la HC se convierte en un indicador que permite contabilizar las emisiones tanto de CO₂ como de los restantes gases de efecto invernadero (Pandey et al, 2012), con la ventaja de ser aplicable en diferentes escalas de análisis, desde productos a ciudades, países y regiones (Glen, 2010) y por organismos privados y públicos (Pandey et al, 2011).

En términos generales, la HC estima la cantidad de emisiones antropogénicas de gases de efecto invernadero, mientras que en la metodología de la HE se estima la cantidad de tierra productiva y zona marítima necesaria para absorber las emisiones de CO₂.

En las ciudades, las acciones, tanto públicas como privadas, tendientes a disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero generaron la necesidad de estimar los aportes para, por un lado, desarrollar e implementar estrategias a fin de disminuir tales emisiones, y por otro, para establecer la evolución propia y compararse con otras ciudades. De esta manera, entes gubernamentales de diferentes localidades del mundo comenzaron a calcular sus emisiones de CO₂, aplicando metodologías ajustadas a los objetivos determinados por cada uno de ellos. Asimismo, el sector privado también se vio forzado a estimar sus contribuciones en CO₂, para adecuarse a ciertos estándares nacionales e internacionales, en donde la preocupación por el cambio climático influye y afecta a todos los sectores de la sociedad, siendo las empresas e industrias importantes contribuyentes en las emisiones globales de CO₂.

En Argentina hay escasos antecedentes en relación con la aplicación del indicador HE. Dillon (2000) analiza las HE de varios países, entre ellos Argentina, y concluye que la HE per cápita del argentino medio era de 3,9 ha para el año 1997. También ha sido aplicada en localidades pequeñas de la provincia de Buenos Aires; en uno de los casos, se desarrolló la metodología para la ciudad de Azul, siendo la HE 8,9 veces superior a su área político-administrativa (Álvarez, 2004); mientras que el estudio elaborado para la ciudad de Tandil concluye que la HE fue de 83.118,5 ha para el año 2004, con una superficie deficitaria de unas 78.318,5 ha, ya que la ciudad requería de un área de ecosistemas externos 17 veces mayor a la administrativa (Güiñirgo, 2006).

Recientemente, se han comenzado a realizar estudios de HE en otras localidades de Argentina, ejemplo de ello es el cálculo de la HE de Esquel, ubicada en la provincia de Chubut (Carabelli et al, 2012), y el estudio realizado por López y Ferraro (2012) en el cual el indicador de referencia se aplica a ciudades de mayor tamaño. En este último estudio, se compararon las HE de ocho ciudades de Argentina pertenecientes a tres regiones ecológicas distintas, pero que comparten estructuras poblacionales similares: Pampa Ondulada, Pampa Inundable y Noroeste Argentino. Este es el primer trabajo en Argentina que compara HE a nivel de regiones.

Si bien hay un desarrollo creciente en materia de estudios y nuevas investigaciones que encuentran mayor número de posibilidades de aplicación de la HE, aun no se han registrado trabajos que apliquen esta metodología a grandes ciudades^v de Argentina. Por ello, el presente trabajo tiene por objetivo determinar la huella de carbono y la subhuella de absorción de CO₂ del partido de General Pueyrredón, provincia de Buenos Aires para el año 2010 como un avance en la estimación de la huella ecológica del partido.

La ciudad de Mar del Plata es la cabecera del partido de General Pueyrredón, que se localiza al sudeste de la provincia de Buenos Aires. Su superficie es de 1.460,74 km² y, según datos del INDEC (2010), posee una población de 618.989 habitantes y una densidad poblacional de 423,7

hab/km². Por su extensión y cantidad de habitantes constituye la tercera urbanización de la provincia de Buenos Aires. Mar del Plata, y en general el partido de General Pueyrredón, se caracteriza por su belleza paisajística originada por las playas, bahías y acantilados hacia la zona de costa y luego por estar también dotada de sierras, campos ondulados y contar con bosques, arboledas, lagunas, arroyos y canteras, todos ellos asociados a los paisajes rurales. Asimismo, Mar del Plata presenta temperaturas medias en verano del orden de 23°C a 27°C, mientras que en invierno estas son de 12°C a 14°C (Municipalidad de General Pueyrredon, 2013).

En lo respecta a las actividades que se realizan dentro del partido, el turismo está fuertemente asociado a la ciudad de Mar del Plata y según datos históricos tiene sus inicios a finales del siglo XIX y junto con la construcción y la hotelería posibilitaron e impulsaron su desarrollo y crecimiento económico.

En las décadas de los cincuenta y setenta Mar del Plata se volvió uno de los principales centros turísticos de Argentina y la demanda de este servicio repercutió en la industria de la construcción y en la textil (Plan Estratégico de Mar del Plata, 2005). En la actualidad, se mantiene como el principal centro turístico y balneario de la Argentina (Municipalidad de General Pueyrredón, 2012) y en 2010 alcanzó una cantidad promedio de turistas de 80.260 personas (Departamento de Investigación y Desarrollo, 2010).

La actividad pesquera es otra de las actividades relevantes en la ciudad, su desarrollo data finales del siglo XIX, pero es a partir de la década del veinte en la que se produjeron las primeras instalaciones industriales pesqueras.

Además de la actividad turística, los sectores textil, hortícola, alimentario, minero e industrial también son de suma importancia para el partido de General Pueyrredón y en particular para la ciudad de Mar del Plata.

El sector hortícola tiene especial relevancia y proyección creciente ya que la superficie destinada al cinturón fruti-hortícola representa el 45% del territorio del partido y su producción no solo abastece al mercado local, sino también al de otras ciudades. De esta manera, la contribución realizada por este sector al producto bruto primario es del 50% para el año 1999 (Plan Estratégico de Mar del Plata, 2005), lo que destaca al partido como un importante productor de cereales, oleaginosas, hortalizas y frutas.

La industria alimentaria, sin considerar aquí a la actividad pesquera, participó en 1999 en un 25% del producto bruto industrial del partido y se conforma, principalmente, por dos tipos de unidades productivas: por un lado, empresas de tamaño mediano a chico que trabajan en las ramas de la panificación y elaboración de pastas frescas, y por otro, micro-emprendimientos que se mueven en el sector informal (Plan Estratégico de Mar del Plata, 2005).

La actividad minera también se encuentra presente en este partido principalmente relacionada a la extracción de cuarcita (conocida como piedra de Mar del Plata) que es comercializada con distintos fines.

En lo que respecta a la industria, cabe mencionar al Parque Industrial General Savio que nuclea empresas vinculadas a los sectores de alimentación, insumos médicos, metalúrgica, plásticos, construcción y otros rubros industriales (Municipalidad de General Pueyrredón, 2012).

De esta manera, tanto el partido de General Pueyrredón en su conjunto como la ciudad de Mar del Plata requieren de recursos y servicios a fin de mantener en funcionamiento lo que en economía ecológica^{vi} se denomina como metabolismo urbano. Así, se deberá aprovisionar al partido y las localidades que alberga de energía y recursos que luego de ser consumidos y procesados por el metabolismo urbano liberan al ambiente residuos y energía no aprovechable o de baja entropía.

En este esquema, los combustibles, el gas en red y la energía eléctrica cobran importancia ya que son fuentes de energía que permiten, por un lado la movilidad dentro del partido y sus localidades

(combustibles para vehículos) y el desarrollo, mantenimiento y eventual crecimiento de las actividades antes mencionadas (a partir del gas natural y la electricidad eléctrica).

2. MATERIALES Y METODOS

Para alcanzar el objetivo propuesto, en el presente trabajo se estimaron las emisiones totales de CO₂ liberadas a la atmósfera como resultado del consumo de combustibles por parte del parque automotor, de la utilización de gas natural domiciliario y del consumo de energía eléctrica, consideradas las principales fuentes emisoras de este gas en áreas urbanas, lo que permitió un primer acercamiento a la HC del partido.

Posteriormente, se procedió a estimar la capacidad de absorción de CO₂ de los distintos usos de suelo presentes en el partido y se relacionaron las emisiones totales de CO₂ con la capacidad de absorción del partido, lo que dio como resultado una primera aproximación a la subhuella de absorción de CO₂. Los pasos metodológicos realizados se enuncian y describen a continuación:

2.1. Estimación de las emisiones de CO₂ producidas por el consumo de energía eléctrica

Para estimar el consumo total de energía eléctrica del partido de General Pueyrredón se utilizaron los datos provenientes de la Secretaría de Energía de la Nación para el año 2010 aplicando la siguiente fórmula:

$$\text{CEET} = \text{CR} + \text{CC} + \text{CI} + \text{CO} + \text{CP} + \text{COt} + \text{CSS} + \text{CER} + \text{CRi} + \text{CT}$$

Donde: CEET es consumo de energía eléctrica total, CR consumo residencial, CC consumo comercial, CI consumo industrial, CO consumo oficial, CP consumo público, COt consumo otros, CSS consumo servicios sanitarios, CER consumo de establecimientos rurales, CRi consumo para riego, CT consumo para tracción.

Una vez obtenido el consumo total de energía eléctrica en MWh, se procedió a calcular el equivalente en MJ totales. Para lo cual se aplicó la siguiente ecuación^{vii}:

$$\text{MJT} = 1223981,11 \text{ MWh} \times 3600 \text{ MJ}$$

Posteriormente, se estimaron las emisiones de CO₂ totales emitidas a la atmósfera en kg, producidas por el consumo eléctrico total, dato que fue multiplicado por la cantidad de KgCO₂ que emite el consumo de 1MWh^{viii}:

$$\text{KgCO}_2\text{ET} = 1223981,11 \text{ MWh} \times 380 \text{ KgCO}_2$$

2.2. Estimación de las emisiones de CO₂ producidas por el consumo de gas natural

Para poder estimar las emisiones de CO₂ originadas por el consumo de gas natural, se procedió a relacionar el consumo total de gas natural (obtenido de la página oficial del gobierno de Mar del Plata) con su poder calorífico para, posteriormente, combinarlo con el valor de factor de emisión y así determinar la cantidad de CO₂ liberado a la atmósfera. Para realizar este cálculo se aplicó la siguiente fórmula^{ix}:

$$\text{KgGNT} = \text{m}^3\text{GN} \times 0,719$$

Donde KgGNT es kilogramos de gas natural, m³GN es metros cúbicos gas natural.

Obtenido el consumo total en Kg, se relacionó este valor con el poder calorífico del gas natural, esto es:

$$\text{MJT} = \text{KgGN} \times 48,33\text{MJ/Kg}$$

Donde MJT es MJ totales, KgGN es Kg de gas natural. El valor obtenido se multiplicó por 1.000.000 para llevarlo a TJ y posteriormente relacionarlo con el factor de emisión de CO₂ correspondiente al gas natural:

$$\text{KgCO}_2\text{GN} = \text{TJGN} \times 56140\text{KgCO}_2/\text{TJ}$$

Donde KgCO₂GN es Kg de CO₂ emitidos por el gas natural, TJGN es TJ totales de gas natural.

2.3. Estimación del consumo de combustibles y emisiones de CO₂

Para estimar el consumo total de combustibles para el partido de General Pueyrredón se identificaron los consumos de los distintos sectores (agro, al público, otros sectores, transporte público de pasajeros, transporte de carga, bunker de cabotaje, bunker internacional y transporte aéreo), y luego se agruparon los datos según el tipo de combustible (gas oil, GNC, kerosene, naftas, aerokerosene y aeronafta). La fuente de información utilizada es la Secretaría de Energía de la República Argentina, en lo que hace tanto al mercado mayorista como al minorista, por lo que en algunos casos y para evitar repeticiones se unieron los valores consumidos por un mismo sector en ambos mercados⁵. Para determinar los consumos totales de cada tipo de combustible se aplicó la misma sumatoria que, en el caso del gas oil, es la siguiente:

$$\text{CGOT} = \text{CGOA} + \text{CGOAP} + \text{CGOOS} + \text{CGOTPP} + \text{CGOTC} + \text{CGOBC} + \text{CGOBI}$$

Donde CGOT es el consumo de gas oil total, CGOA consumo de gas oil del sector agro, CGOAP consumo de gas oil del sector al público, CGOOS consumo de gas oil del sector otros sectores, CGOTPP consumo de gas oil del sector transporte público de pasajeros, CGOTC consumo de gas oil del sector transporte de carga, CGOBC consumo de gas oil del sector bunker de cabotaje, CGOBI consumo de gas oil del sector bunker internacional.

Con referencia al Gas Natural Comprimido se utilizó la siguiente sumatoria:

$$\text{CGNCT} = \text{CGNCA} + \text{CGNCAP} + \text{CGNCOS} + \text{CGNCTPP} + \text{CGNCTC}$$

Donde CGNCT es el consumo de gas natural comprimido total, CGNCA consumo de gas natural comprimido del sector agro, CGNCAP consumo de gas natural comprimido del sector al público, CGNCOS consumo de gas natural comprimido del sector otros sectores, CGNCTPP consumo de gas natural comprimido del sector transporte público de pasajeros, CGNCTC consumo de gas natural comprimido del sector transporte de carga.

Con referencia al kerosene la sumatoria es la que se presenta a continuación:

$$\text{CKT} = \text{CKA} + \text{CKAP} + \text{CKOS} + \text{CKTPP} + \text{CKTC}$$

Donde CKT es el consumo de kerosene total, CKA consumo de kerosene del sector agro, CKAP consumo de kerosene del sector al público, CKOS consumo de kerosene del sector otros sectores, CKTPP consumo de kerosene del sector transporte público de pasajeros, CKTC consumo de kerosene del sector transporte de carga.

Para el consumo total de naftas se aplicó:

$$\text{CNT} = \text{CNA} + \text{CNAP} + \text{CNOS} + \text{CNTTPP} + \text{CNTC}$$

En donde CNT es consumo de naftas totales, CNA consumo de naftas del sector agro, CNAP consumo de naftas del sector al público, CNOS consumo de naftas del sector otros sectores, CNTTPP consumo de naftas del sector transporte público de pasajeros, CNTC consumo de naftas del sector transporte de carga.

El aerokerosene total corresponde únicamente al consumo de ese combustible por parte del sector aéreo, por lo tanto **CAT = CATA**; donde CAT es consumo de aerokerosene total, CATA consumo de aerokerosene del sector transporte aéreo.

La misma situación se repite para el consumo total de aeronafta, que corresponde únicamente al sector aéreo, por lo tanto **CANT = CANTA**; donde CANT es consumo de aeronafta total y CANTA es consumo de aeronafta del sector transporte aéreo.

Para calcular las emisiones de CO₂ a la atmósfera es indispensable relacionar los consumos totales de cada uno de los combustibles con su poder calorífico para, posteriormente, combinar los resultados de cada uno de ellos con el valor del factor de emisión de cada combustible y, a partir de ese dato, estimar las emisiones de CO₂.

De este modo, para cada tipo de combustible de manera individual se realizaron los siguientes cálculos:

$$\text{KgCi} = \text{m}^3\text{Ci} \times \text{DCi}$$

Donde KgCi es kilogramos del combustible i (el combustible que se esté estimando), m³Ci es metros cúbicos del combustible i, DCi es densidad del combustible i.

Si bien las densidades entre combustibles no difieren demasiado, los valores no son iguales y no se presentan en las mismas unidades, de este modo el gas oil tiene una densidad de 0,845 por litro^{xi}, el GNC 0,72 por m^{3xii}, el kerosene 0,786 por litro^{xiii}, la nafta 0,735 por litro, el gas natural 0,719 por m³, el aerokerosene 0,808 por litro, aeronafta 0,709 por litro^{xiv}. Una vez obtenidos los consumos en Kg, se multiplican por poder calorífico de cada uno:

$$\text{MJT} = \text{KgCi} \times \text{PCCiMJ/Kg}$$

Donde MJT es MJ totales, KgCi es Kg del combustible i, PCCiMJ/Kg es poder calorífico del combustible i expresado en MJ/Kg.

El poder calorífico varía según el combustible del mismo modo en que varían las densidades, de manera que, el gas oil tiene un poder calorífico de 42,71 MJ/Kg, el GNC 47,60 MJ/Kg^{xv}, el kerosene 46 MJ/Kg, las naftas 43,33 MJ/Kg^{xvi}, el aerokerosene 43,12 MJ/Kg, la aeronafta 30873 MJ/m^{3xvii}. Los resultados para cada combustible fueron llevados a TJ para posteriormente multiplicarlos por sus respectivos factores de emisión siguiendo la presente ecuación:

$$\text{KgCO}_2\text{Ci} = \text{TJTCi} \times \text{FECiKgCO}_2/\text{TJ}$$

Donde KgCO₂Ci es Kg de CO₂ emitidos por el combustible i, TJTCi es TJ totales del combustible i, FECiKgCO₂/TJ es factor de emisión del combustible i expresado en KgCO₂/TJ.

Finalmente, obtenidos los resultados para los cuatro tipos de combustibles, éstos se sumaron y se obtuvieron las emisiones totales de CO₂ liberadas a la atmósfera como consecuencia del consumo que la población del partido de General Pueyrredón hizo de estos:

$$\text{KgCO}_2\text{CT} = \sum \text{KgCO}_2\text{C}$$

2.4. Integración de los datos y estimación de la Huella de Carbono

A fin de estimar las emisiones totales de CO₂ del partido de General Pueyrredón durante el año 2010 se procedió a sumar todos los valores de emisiones:

$$\text{KgCO}_2\text{T} = \text{KgCO}_2\text{ET} + \text{KgCO}_2\text{GNT} + \text{KgCO}_2\text{CT}$$

Donde KgCO_2T es Kg de CO_2 total, KgCO_2ET es Kg de CO_2 emitidos por el consumo eléctrico total, KgCO_2GNT es Kg de CO_2 emitidos por el consumo de gas natural total, KgCO_2CT es Kg de CO_2 emitidos por el consumo de combustibles totales.

Finalmente, y profundizando en el análisis, se calcularon las emisiones cápita producto de la sumatoria de los consumos de energía eléctrica, de gas natural y de combustibles, estimándose también la emisión cápita total:

$$\text{CO}_2\text{per cápita} = \text{KgCO}_2\text{T/cant. de hab.}$$

El fuerte perfil turístico de la ciudad de Mar del Plata influye en la dinámica y el consumo de los distintos recursos locales, en el caso particular del objeto de este trabajo, los combustibles, la energía eléctrica y el gas natural, por lo que se consideró apropiado agregar a la cantidad de población estable del partido de General Pueyrredón el número diario promedio de turistas (80.260 personas) para realizar la estimación de emisiones de CO_2 per cápita.

2.5. Estimación de la capacidad de absorción de los distintos usos de suelo presentes en el partido.

Para estimar la capacidad de absorción de CO_2 de los distintos usos de suelo, se identificó y calculó la superficie de cada uno, tomando como base la clasificación realizada por Zulaica et al (2011) para el año 2009 asumiendo como válidos esos cálculos para el año 2010.

En lo que respecta al cálculo de la superficie, se utilizaron los valores de las actividades urbanas, de disposición de residuos (estas áreas se consideraron de manera conjunta), industriales, mineras, ganaderas y áreas de agua; también se apeló a información obtenida de la página oficial del partido de General Pueyrredón referente a la superficie destinada a la horticultura al aire libre y bajo cubierta (campana 2010/2011) y a datos de la Dirección de Información Agrícola y Forestal (2011) correspondientes a la superficie destinada a cultivos extensivos (campana 2010/2011). Asimismo, de la diferencia entre la superficie correspondiente al conjunto de las actividades identificadas y la superficie del partido de General Pueyrredón, se agregó la categoría "otros" para incluir las superficies que no tienen un uso definido.

Tabla N°. Superficie ocupada por actividad para el partido de General Pueyrredón

Actividad	Superficie (km ²)
Agricultura hortícola al aire libre	84,15
Agricultura hortícola bajo cubierta	7,5
Agricultura extensiva ^{xviii}	514,9
Urbana	103,2
Industrial	4,3
Minera	3,2
Ganadera	565,8
Áreas con agua	15,5
Otros	161,4
Partido General Pueyrredón	1460

Fuente: *Elaboración propia en base a Zulaica et al (2011) y Rodríguez Mellano (2008)*

La agricultura extensiva ocupa una superficie 5,6 veces mayor que la hortícola y 5 veces mayor que la destinada a actividades urbanas. Una amplia superficie del partido es destinada a actividades ganaderas, que ocupan el 38,75% del total. Las actividades industrial y minera son las

que poseen menor superficie, con apenas el 0,5% del total de la superficie del partido, mientras que la actividad ganadera y la agricultura extensiva ocupan la mayor superficie con el 38,75% y el 35,27% respectivamente.

Luego, se estimaron todas las superficies a partir de la siguiente ecuación:

$$\text{SupPGP} = \text{SupAHorAL} + \text{SupAHorBC} + \text{SupAEx} + \text{SupUr} + \text{SupIn} + \text{SupMi} + \text{SupGa} + \text{SupAg} + \text{SupOt}$$

Donde **SupPGP** es superficie del partido de General Pueyrredón, **SupAHorAL** es superficie destinada a la agricultura hortícola al aire libre, **SupAHorBC** es superficie destinada a la agricultura hortícola bajo cubierta, **SupAEx** es superficie destinada a la agricultura extensiva, **SupUr** es superficie destinada a la actividad urbana, **SupIn** es superficie destinada a la industria, **SupMi** es superficie destinada a la minería, **SupGa** es superficie destinada a la ganadería, **SupAg** es superficie destinada a las áreas con agua y **SupOt** es superficie destinada a otras actividades o usos^{xix}.

Con referencia a la estimación de la capacidad de absorción de CO₂ del partido de General Pueyrredón, siguiendo lo propuesto por Rodríguez Mellado (2008), se agruparon en actividades los distintos usos de suelo y los valores de absorción correspondientes a cada uno para poder estimar la absorción de CO₂ de cada actividad considerando únicamente aquellas que se adecuaban a las particularidades locales; de esta manera se confeccionó la siguiente tabla:

Tabla Nº 2. Capacidad de absorción de CO₂ según actividades

Actividad	Usos de suelo ^{xx}	Absorción grCO ₂ /m ² año	Absorción total grCO ₂ /m ² año
Agricultura hortícola al aire libre	Otros cultivos herbáceos en regadío	1355	1355
Agricultura hortícola bajo cubierta	Cultivos forzados bajo plástico	1626	1626
Agricultura extensiva ^{xxi}	Cultivos herbáceos de secano	1054	1054
Urbana	Urbanizaciones residenciales;	720	4556
	Infraestructura de comunicaciones (autovías, autopistas y enlaces varios, complejos ferroviarios, zonas portuarias, aeropuertos);	1313	
	Otras infraestructuras técnicas;	364	
	Zonas verdes urbanas; Equipamiento deportivo y recreativo.	1439	
Industrial	Zonas industriales y comerciales	148	148
Minera	Zonas mineras	4	4
Ganaderas	Pastizales continuos	724	724
Áreas con agua	Ríos y cauces naturales (otras formas riparias);	1144	2127
	Lagunas continentales;	983	
Otros	Pastizales con claros;	634	1076
	Playas, dunas y arenales;	321	
	Roquedos y suelos desnudos	121	

Fuente: Elaboración propia en base a Rodríguez Mellado (2008)

Finalmente, se multiplicaron los valores de absorción de cada actividad por la superficie que ocupaban y se obtuvieron las absorciones para cada una de ellas en grCO₂/m²año, a partir de la siguiente ecuación:

$$\text{AbTSupPGP} = (\text{SupAHorAL} \times 1355) + (\text{SupAHorBC} \times 1626) + (\text{SupAEx} \times 1054) + (\text{SupUr} \times 4556) + (\text{SupIn} \times 148) + (\text{SupMi} \times 4) + (\text{SupGa} \times 724) + (\text{SupAg} \times 2127) + (\text{SupOt} \times 1076)$$

Donde Abt es absorción total y los restantes corresponden a abreviaciones de las distintas superficies explicadas anteriormente.

Posteriormente y en un quinto paso, se realizaron las transformaciones pertinentes a fin de obtener los valores de absorción en TnCO₂/ha año. Luego, se estimó la absorción total para cada una de las actividades y se obtuvo la absorción del partido de General Pueyrredón como así también el valor medio de absorción para el año 2010. Finalmente, se analizaron los resultados.

2.6. Estimación de la subhuella de absorción de CO₂ del partido de General Pueyrredón

Para obtener la subhuella total de absorción de CO₂ se aplicó la siguiente ecuación:

$$\text{SHEACO}_2 = \text{TnCO}_2\text{T}/\text{ACO}_2\text{T}$$

En donde SHEACO₂ es subhuella de absorción de CO₂, TnCO₂T es toneladas de CO₂ totales, ACO₂T es absorción de CO₂ total.

Mientras que la subhuella per cápita se estimó de la siguiente manera:

$$\text{SHEACO}_{2(\text{cap})} = \text{TnCO}_{2(\text{cáp})}/\text{ACO}_2\text{ha}$$

En donde ACO₂ha corresponde a la absorción de CO₂ por el valor medio de una hectárea del partido de General Pueyrredón.

3. RESULTADOS

3.1. Consumo de energía eléctrica

La demanda de energía eléctrica durante el año 2010 se cubrió, a nivel nacional, mayoritariamente a partir de fuentes térmicas (57,4%), en segundo lugar de hidroeléctricas (34,8%), en tercer lugar con energía de origen nuclear (6%), y en cuarto lugar con aportes provenientes de importaciones realizadas desde países vecinos (2%) (CAMMESA, 2010).

En relación con la contribución de los combustibles fósiles a la matriz de energía eléctrica, el gas natural fue el combustible más utilizado en el año de análisis, aportando el 76% (11.537.488 dam³) del total destinado a la producción de energía a partir de fuentes térmicas, en tanto que el resto de los combustibles (fuel oil 2.261.828 tn, gas oil 1.667.673 m³, carbón mineral 873.904 tn) lo hicieron en porcentajes mucho menores^{xxii} (CAMMESA, 2010 en Gareis y Ferraro, 2012).

El total de la energía eléctrica utilizada durante el 2010 fue destinada a diez sectores^{xxiii}, principalmente industrial, residencial y comercial, situación que ocurre tanto a nivel nacional, como provincial, a nivel de partido e incluso a escala local.

Si se analizan los números de usuarios correspondiente a cada uno de estos sectores, el residencial resultó ser el más numeroso con el 89,47% para 2010; seguido por el sector comercial con 9,19%, mientras que el sector industrial contribuyó con el 0,31% de la demanda total de energía eléctrica, en tanto que el resto de los sectores utilizó el 1,03%.

De esta manera, se aprecia la intensidad de consumo eléctrico, ya que el 89,47% de los usuarios (295.755) correspondientes al sector residencial consumieron el 36,89% (451.366 MWh) de la demanda total, mientras que el 9,19% de los usuarios (30.394) del sector comercial utilizaron el 33,91% (415.106 MWh), y apenas el 0,31% de los usuarios (1.035) pertenecientes al sector industrial utilizaron el 17,40% (212.943 MWh) del total de la energía eléctrica consumida para el año 2010.

Para poder estimar la cantidad de energía eléctrica consumida por el partido, se consideraron datos correspondientes a todos los proveedores, cooperativas (CAMET, de Colonia Laguna de los Padres, Mar del Plata), a EDEA S.A. (Empresa Distribuidora de Energía Atlántica-Mar del Plata) y a GUMEM (Grandes Usuarios del Mercado Eléctrico Mayorista), información que fue obtenida de la Secretaría de Energía (2010). Se calcularon los consumos totales por sector y luego se obtuvo el total de energía eléctrica consumida en el partido para el año 2010, que cual fue de 1.223.981 MWh.

Tabla Nº 3. Consumos de energía eléctrica totales por sector

Consumos en MWh	COOP. CAMET	COOP. COLONIA LAG.DE LOS PADRES	COOP. MAR DEL PLATA	EDEA S.A.	GUMEM	TOTALES
Residencial	3.745	898	6.668	440.053	0	451.366
Comercial	580	227	8.338	385.045	20.915	415.106
Industrial	3.239	5.531	0	188.979	15.194	212.943
Oficial	0	0	1.219	82.641	0	83.860
A. Público	434	266	601	32.444	0	33.745
Otros	213	0	0	8.041	0	8.255
Serv. Sanitarios	7.866	0	0	0	0	7.866
Est. Rural	341	476	0	6.177	0	6.994
Riego	167	3.679	0	0	0	3.846
Tracción	0	0	0	0	0	0
Totales Parciales	16.586	11.078	16.827	1.143.381	36.109	1.223.981

Fuente: Secretaría de Energía de la Nación (2010)

El partido de General Pueyrredón ha experimentado un crecimiento constante en el consumo de energía eléctrica desde el año 1997 al 2010, tanto para el sector residencial como también el comercial e industrial.

3.2. Consumo de gas natural

En el año 2010, el partido consumió 628.625.996 m³ de gas natural (Municipalidad de General Pueyrredón, 2012). Del análisis de la demanda de este servicio se aprecia que desde el año 2002 ésta se ha incrementado en forma sostenida, pasando de un consumo de 441.138.598 m³ a 650.976.227 m³ en el año 2011 (Camuzzi Gas Pampeana en Municipalidad de General Pueyrredón, 2012) incrementándose también el número de usuarios que utilizaron este servicio durante el mismo período en un 11,36%, pasando de 232.566 en el año 2002 a 262.369 usuarios en 2010.

3.3. Consumo de combustibles

Numerosos son los subproductos que se obtienen del petróleo y del gas^{xxiv}, sin embargo para este trabajo solo se consideraron el aerokerosene, las aeronafas, el gas oil, el kerosene y las naftas por ser utilizadas principalmente por el transporte. Desde el año 2000 al 2010 el gasoil resulta ser el subproducto principal, seguido por nafta de grado 2 conocida como nafta súper. La nafta grado 1 se destaca por la fluctuación en su producción, la aeronafas por la nula producción en algunos años y muy baja en otros y el kerosene por su constante baja producción. En el año 2010, el principal subproducto obtenido fue el gas oil (60,73%) seguido por la nafta grado 2 (23,23%), el aerokerosene (8,22%), la nafta grado 3 (6,14%) y en menor proporción los restantes subproductos, sin producirse durante este año aeronafas.

Si se analizan en forma general los consumos realizados en materia de combustibles por el partido de General Pueyrredón desde el año 2005 al 2010, se aprecia una disminución en la demanda a partir del 2006 ($8,32 \times 10^7 \text{ m}^3$): el consumo del año 2010 representa el 66,92% ($5,57 \times 10^7 \text{ m}^3$) del consumo realizado en 2006.

A partir de la información obtenida de la Secretaría de Energía de la Nación Argentina, se pudo calcular la demanda de los combustibles mencionados en el párrafo anterior y estimar el consumo de cada uno por sectores: agro (minorista y mayorista), al público (minorista), otros sectores (minorista y mayorista), transporte público de pasajeros (minorista y mayorista), transporte de carga (minorista y mayorista), bunker de cabotaje (mayorista), bunker internacional (mayorista), transporte aéreo de cabotaje (mayorista), transporte aéreo internacional (mayorista) y estado (mayorista).

Tabla N°4. Consumo de combustibles por sectores.

Sector	Gas Oil			GNC (m³)	Kerosene (m³)	Naftas			Aerokerosene (m³)	Aero nafta (m³)	TOTALES PARCIALES (m³)
	Gas Oil Grado 2 (m³)	Gas Oil Grado 2B (m³)	Gas Oil Grado 3 (m³)			Nafta "común" hasta 92 Ron (m³)	Nafta "premium" de más de 95 Ron (m³)	Nafta "súper" entre 92 y 95 Ron (m³)			
Agrícola minorista	706,46		17,37					7,01			730,84
Agrícola mayorista			5530,92								5530,92
Al Público minorista	52990,47	13116,43	52752,47	53822545,88	437,46	3582,89	27687,47	76098,41			54049211,48
Otros sectores minoristas	781,57		21,38	101395,32			11,46	95,40			102305,13
Otros sectores mayoristas			1425,60								1425,60
Transp. Púb. de pasajeros minorista	284,91		2,72	847733,10			0,64	0,30			848021,67
Transp. Públ. de pasajeros mayorista			518,51								518,51
Transp.. de carga minorista	10663,75		80,35				45,03	50,76			10839,89
Trans. de carga mayorista	0,76	3,50	2751,17		0,05		4,58	0,09			2760,15
Bunker de Cabotaje mayorista			75455,34								75455,34
Bunker Internacional Mayorista		221,80	559284,93								559506,73
Transp. Aéreo de Cabotaje mayorista									3289,38	156,65	3446,03
Transp. Aéreo Internacional mayorista											0,00
Estado mayorista			604,1								604,10
TOTAL (m³)	65427,92	13341,73	698444,86			3582,89	27749,18	76251,97			
	777214,51			54771674,30	437,51	107584,04			3289,38	156,65	55660356,39

Fuente: Elaboración propia en base a información obtenida de la Secretaría de Energía de la Nación (2010).

Analizando la demanda de acuerdo al tipo de combustible, el GNC fue el más consumido en 2010, y representa el 98,40% del total, habiéndose destinado gran parte al sector denominado al público (98,68% de ese 98,40%); seguido por gas oil grado 3 con el 1,25% utilizado principalmente por los

sectores bunker internacional, bunker de cabotaje y en menor proporción destinado al público; los restantes combustibles representan un porcentaje muy bajo.

No obstante ello, las naftas, el gas oil grado 2 y 2B fueron principalmente destinados al sector al público, relacionado con el abastecimiento de vehículos particulares (naftas y gas oil) y con el transporte de carga (gas oil).

Si se analiza el consumo de acuerdo a cada sector, se aprecia que el más demandante fue al público, que registró un consumo del 97,10% del total, seguido por el sector transporte público de pasajeros con el 1,52% y bunker internacional con el 1%, siendo el consumo de los restantes sectores comparativamente ínfimos.

Asimismo, se aprecia que hay sectores que son grandes demandantes de todos los tipos de combustibles. Este es el caso del sector al público, que demandó los mayores volúmenes de todos los combustibles, a excepción del gas oil grado 3, cuyo mayor consumidor fue el sector bunker internacional seguido por bunker de cabotaje, y del aerokerosene y aeronaftas, utilizadas únicamente por el sector transporte aéreo de cabotaje.

De forma inversa, hay sectores que solo demandan un tipo de combustible, este fue el caso de los sectores bunker de cabotaje y estado que demandaron únicamente gas oil grado 3. El sector correspondiente al transporte aéreo internacional no consumió ningún tipo de combustible durante el año 2010 lo que puede deberse a que no se realizan viajes internacionales desde el aeropuerto de Mar del Plata.

3.4. Estimación de las emisiones de CO₂ totales

A fin de poder estimar las emisiones de CO₂ liberadas a la atmósfera a partir de fuentes directas, como lo son la utilización de distintos combustibles, de gas natural y de fuentes indirectas como lo es la energía eléctrica, se desarrollaron los pasos descriptos en el apartado correspondiente a la metodología. De esta manera, se obtuvo la tabla que se presenta a continuación:

Tabla N°5. Emisiones de CO₂ emitido por el consumo de combustibles, de gas natural en red y de energía eléctrica

	Consumo (m ³)	Densidad	Consumo (Kg)	Poder Calorífico (MJ/Kg)	MJ totales	TJ totales	Factor de emisión (KgCO ₂ /TJ)	TnCO ₂ emitido
Gas Oil	777.214,51	0,845	656.746.260,95	42,71	28.049.632.805,17	28049,63	74.354	2.085.602,40
GNC	54.771.674,3	0,72	39.435.605,50	47,60	1.877.134.821,61	1877,13	0,002 (TnCO ₂ /l)	109.543.348,60
Kerosene	437,51	0,786	343.882,86	46,00	15.818.611,56	15,82	19,5 (TnCO ₂ /TJ)	308,49
Naftas	107.584,04	0,735	79.074.269,40	43,33	3.426.288.093,10	3.426,29	69,3	237.441,76
Aerokerosene	3.289,38	0,808	2.657.819,04	43,12	114.605.157,00	114,61	73.466	8.419,58
Aeronafta	156,65	0,709	111.064,85	30876 (MJ/m ³)	4.836.725,40	4,84	18,9 (TnCO ₂ /TJ)	91,48
Gas natural	628.625.996	0,719	451982091,12	48,33	21.844.294.464,02	21.844,29	56,14	1.226.338,69
Electricidad	1.223.981,11 (MWh)				4.406.331.996,00	4.406,33	380 (KgCO ₂ /MWh)	465.112,80
TOTAL	684.286.352,39		1.230.350.993,72		59.738.942.673,87	59.738,94		113.566.663,80

Fuente: Elaboración propia.

Se aprecia que las mayores emisiones de CO₂ realizadas durante 2010 se debieron al consumo de GNC, seguido por gas oil, gas natural, electricidad y naftas. La contribución del aerokerosene, kerosene y aeronafta en la emisión de este gas ha sido muy baja comparativamente.

No obstante, si se analizan las emisiones por m³ (o MWh para el caso de la electricidad), el gas natural resulta ser el que menor contribución realiza en la generación de CO₂, ya que por 1m³ se liberan a la atmósfera 0,002 TnCO₂, seguido por la electricidad, cuya producción de 1MWh libera 0,38 Tn de este gas, aeronaftha (1m³ emite 0,58 TnCO₂), kerosene (0,7 TnCO₂/m³), GNC (2 TnCO₂/m³), naftas (2,21 TnCO₂/m³), aerokerosene (2,56 TnCO₂/m³), mientras que el gas oil es el mayor contribuyente al emitir a la atmósfera 2,68 TnCO₂ por m³ de combustible.

En lo que respecta a las emisiones per cápita de CO₂, el habitante promedio del partido de General Pueyrredón contribuyó en el año de estudio con 1,98 TnCO₂ producto del consumo de gas natural, con 0,75 TnCO₂ por la utilización de energía eléctrica y con 180,74 TnCO₂ por el uso de combustibles para transporte. Por lo tanto, la emisión per cápita de CO₂ para el partido fue de 183,47 TnCO₂ para el 2010.

De considerar el numero diario promedio de turistas, calculado en 80.260 personas (Departamento de Investigación y Desarrollo, 2010), junto con el número de habitantes que alberga el partido, que es de 618.989 habitantes (INDEC, 2010), la población sería de 699.249 individuos que hicieron uso de distintos tipos de recursos a lo largo del año 2010. Por lo tanto, los consumos per cápita para cada combustible/servicio antes mencionados disminuirían a los valores que se presentan en la Tabla N°6:

Tabla N°6. Consumo de combustibles, gas natural en red y energía eléctrica per cápita

Combustibles y servicios	Consumo per cápita (TnCO ₂)	Consumo per cápita (TnCO ₂) agregado
Gas Oil	2,98	159,99
GNC	156,66	
Kerosene	0,00	
Nafta	0,34	
Aerokerosene	0,01	
Aeronaftha	0,00	
Gas Natural	1,75	1,75
Electricidad	0,66	0,66
TOTAL	162,41	162,41

Fuente: Elaboración propia.

De esta manera, la población de General Pueyrredón, considerando a los turistas, emitió, en el año 2010, 1,14x10⁸ TnCO₂ la atmosfera siendo la emisión per cápita de 162,32 TnCO₂ a causa del consumo de combustibles, energía eléctrica y gas natural.

3.5 Identificación y agrupamiento de usos de suelo en actividades y estimación de la capacidad de absorción de CO₂ del partido de General Pueyrredón

Para estimar la absorción de CO₂ se identificaron los usos de suelo y la superficie correspondiente a cada uno. Para ello se utilizó como base la identificación realizada por Zulaica et al (2011) para el año 2009 presentada en la metodología; se consideraron los valores de superficie de las actividades urbanas, industriales, mineras, ganaderas y áreas con agua, en tanto que las superficies correspondientes a la horticultura al aire libre y bajo cubierta (campana 2010/2011) se obtuvieron del gobierno de la ciudad^{xxv}. Asimismo, a partir de la Dirección de Información Agrícola y Forestal (2011) se accedió a datos referidos a superficie destinada a cultivos homogéneos (campana 2010/2011).

Es necesario mencionar que cada una de las actividades agrupa en su interior distintos usos de suelo y, tal como se explicó en la metodología, se consideraron adecuados al partido de General Pueyrredón algunos de los propuestos por Rodríguez Mellado (2008).

Para poder calcular de forma aproximada la capacidad de absorción de CO₂ de las distintas actividades se aplicaron los cálculos mencionados en la metodología y se estimó la absorción en TnCO₂ por hectárea y actividad para el año 2010:

Tabla N°7. Absorción total de CO₂ por actividades

Actividad	Superficie (ha)	grCO ₂ /m ² año	TnCO ₂ /ha año	Total TnCO ₂ año
Agricultura hortícola al aire libre	8415	1355	13,55	114023,25
Agricultura hortícola bajo cubierta	755	1626	16,26	12276,3
Agricultura extensiva	51490	1054	10,54	542704,6
Urbana	10320	455,6	4,56	47017,9
Industrial	430	148	1,48	636,4
Minera	320	4	0,04	12,8
Ganadera	56580	724	7,24	409639,2
Áreas con agua	1550	2127	21,27	32968,5
Otros	16140	1076	10,76	173666,4
Partido General Pueyrredón	146000	952,18	9,52	1332945,37

Fuente: Elaboración propia en base a datos obtenidos de Rodríguez Mellano (2008) y Zulaica et al (2011)

Las áreas con agua se destacan por ser las que mayores valores de absorción de CO₂ presentan, colocándose por encima de las actividades presentes en el partido de General de Pueyrredón. Las actividades agrícolas ocupan el segundo lugar en cantidad de CO₂ que absorben por m². En este sentido, la horticultura bajo cubierta resulta ser la de mayor absorción por m² al año, seguido por la horticultura al aire libre y por último la agricultura extensiva. Además, la agricultura hortícola absorbe comparativamente el 28,56% más de lo que absorbe la extensiva.

Por otro lado, la actividad “otros” posee un valor de absorción de CO₂ medio, esto se debe a que los usos de suelo playas, dunas, arenales, roquedo y suelos desnudos tienen muy baja absorción de este gas (321 grCO₂/m²año y 121 grCO₂/m²año respectivamente). La actividad ganadera también presenta un valor relativamente bajo de absorción por superficie y menos aun presenta la actividad urbana, siendo los usos de suelo correspondientes a la actividad industrial y minera los peores en este sentido.

Sin embargo, al relacionar los valores de absorción con las superficies se evidencia que la agricultura extensiva absorbe mayor cantidad de CO₂, seguido por la actividad ganadera y luego por la actividad denominada “otros”. Los usos de suelo comprendidos en estas tres actividades absorben el 84,47% (1.126.010 TnCO₂año) del total de la absorción del partido de General Pueyrredón para el año 2010.

Por lo tanto, se puede decir que el partido de General Pueyrredón, con una superficie de 1.460km², mostró, para el año 2010, una capacidad de absorción de CO₂ de 1.332.945,37 TnCO₂ y presentó una capacidad de absorción media de 952,18 grCO₂/m²año.

3.6. Estimación de la subhuella de absorción de CO₂ para el partido de General Pueyrredón

Una vez realizados todos los cálculos y obtenidos todos los valores, se concluyó que la población de General Pueyrredón emitió, en el año 2010, $1,14 \times 10^8$ TnCO₂ por el uso de combustibles, energía eléctrica y gas natural, mientras que la capacidad de absorción del partido para ese mismo año fue de $1,33 \times 10^6$ TnCO₂.

Este resultado implica que los distintos usos de suelo presentes en el partido solo tuvieron la capacidad de absorber el 1,17% de las emisiones totales de CO₂ realizadas por sus habitantes y turistas durante el año 2010. Si esta ecuación fuera lineal, este resultado implicaría la necesidad de una superficie equivalente a 85 partidos de igual tamaño y características que General Pueyrredón (equivalente a decir 124.100 km² o 12.410.000 hectáreas) para absorber el CO₂ emitido a la atmósfera por el uso de combustibles, energía eléctrica y gas natural de su población.

Por otro lado, la emisión per cápita (considerando a los turistas) resultó ser de 162,32 TnCO₂, mientras que la capacidad de absorción media del conjunto de usos de suelo resultó ser para el partido en estudio de 952,18 grCO₂/m²año, equivalente a 9,52 TnCO₂/ha año. De esta manera, y considerando que la población del partido es de 699.249 personas (incluyendo a los turistas), un habitante de General Pueyrredón requirió de una superficie igual a 0,18 km², equivalente a 180.000 m² o a 18 hectáreas a lo largo del año 2010 para la absorción del CO₂ por él emitido.

Si se dividen las emisiones totales del partido por el número de hectáreas que lo conforman se puede estimar cuantas emisiones de CO₂ se liberaron por hectárea (777,85 TnCO₂/ha año) y, si se lo relaciona con la absorción media de CO₂ por hectárea (9,52 TnCO₂/ha año), se obtiene que fueron necesarias 81,70 hectáreas de las características del partido en estudio para absorber las emisiones de CO₂ que se producen en una hectárea promedio del partido.

CONCLUSIONES

A partir del análisis realizado y de los resultados obtenidos, podemos arribar a una serie de conclusiones, algunas de ellas preliminares y con carácter de líneas de investigaciones futuras, como la primera aproximación a la HC y la de absorción de CO₂, y otras son registros de la realidad.

En cuanto a emisiones de CO₂, los datos obtenidos muestran que el consumo de GNC fue el principal contribuyente en la liberación de CO₂ a la atmósfera durante el año 2010, responsable del 96,46% de las emisiones totales, esto responde a que es el combustible más utilizado en el transporte, seguido por el gas oil con el 1,84%, el gas natural en red (1,08%), la electricidad (0,41%) y las naftas (0,21%).

Si bien el GNC es el combustible más utilizado, resulta ser el que menor cantidad de CO₂ libera por m³ consumido (0,002 TnCO₂), de modo contrario, el gas oil es el que más CO₂ produce por m³ (2,68 TnCO₂).

En forma general, puede decirse que el sector "transporte" es el principal contribuyente de CO₂ a la atmósfera y, en cuanto a emisiones de GEI, es el segundo sector en grado de importancia a nivel internacional en cantidad de gases de efecto invernadero que libera a la atmósfera (12%), mientras que en América Latina ocupa el tercer lugar con apenas el 8% (Naciones Unidas, 2012).

De este trabajo se desprende que, durante el año 2010, se liberaron a la atmósfera $1,14 \times 10^8$ TnCO₂ en el partido de General Pueyrredón, mientras que el valor per cápita fue de 183,37 TnCO₂ anuales que disminuye a 162,32 TnCO₂ si se considera en el análisis el número promedio diario de turistas que visitan la localidad de Mar del Plata.

En lo que respecta a la estimación de la absorción de CO₂, los usos de suelo correspondientes a la actividad ganadera fueron los que mayor superficie ocuparon (38,75%), seguidos por la actividad agrícola extensiva (35,27%), mientras que las actividades industrial y minera resultaron ser las que menor superficie registraron (0,51% en forma conjunta).

Los tres tipos de agricultura fueron, en su conjunto, las actividades que mayor TnCO₂/ha año absorbieron (298.140,35 en total), mientras que la actividad minera fue la que registró el menor valor (0,04). De la relación entre la superficie y la capacidad de absorción de CO₂ se obtuvo que la agricultura extensiva absorbe mayor cantidad de CO₂, seguido por “otros” y luego por la agricultura hortícola que, en conjunto, absorbieron el 93,72% (950.665,02 TnCO₂año) del total (1.014.357,87 TnCO₂/año) del partido de General Pueyrredón.

De esta manera, la subhuella de absorción per cápita resultó ser de 18ha, esto quiere decir que una persona del partido de General Pueyrredón requiere de 18ha para que sus emisiones de CO₂ sean absorbidas; en otros términos, las emisiones originadas en 1 hectárea promedio requieren de 81,70 hectáreas promedio para ser absorbidas por los distintos usos de suelo.

La capacidad de absorción de CO₂ del partido para el año 2010 fue de 1.332.945,37 TnCO₂ y la capacidad de absorción media del conjunto de usos de suelo de 9,52 TnCO₂/ha año. Por lo tanto, la población del partido de General Pueyrredón requirió de una superficie igual a 12.410.000 hectáreas para la absorción de sus emisiones totales, lo que denota un déficit ecológico considerable, ya que sería necesaria una superficie equivalente a la de 85 partidos de igual tamaño y características que el de General Pueyrredón para absorber el total de las emisiones de CO₂ efectuadas por el conjunto de la población que albergó el partido en 2010.

Esta situación de déficit ecológico existente en el partido de General Pueyrredón da cuenta de que las emisiones que no son absorbidas por su territorio son incorporadas en los distintos compartimentos ambientales (atmósfera, suelo, agua y biota), siendo absorbidos, reciclados, capturados o almacenados por otros ecosistemas. Esto puede considerarse como externalidades negativas asociadas a las urbanizaciones, ya que el partido de General Pueyrredón no es capaz de absorber y metabolizar o procesar una gran parte de las emisiones de CO₂ que genera y que, por ende, son “exportadas” a otros sitios.

De esta manera, los asentamientos urbanos ubicados en el partido de General Pueyrredón si bien ocupan apenas el 5,5% (79,48 km²) de la superficie total del partido (1.453,44 km²), requieren de vastas superficies para la asimilación del CO₂ que demanda para el desarrollo y mantenimiento de sus actividades.

Los datos que aquí se presentan intentan lograr una primera aproximación a la HC y un primer cálculo de una de las subhuellas de la HE, por lo que es necesario continuar trabajando en una clasificación más detallada de los usos de suelo del partido a fin de poder estimar con mayor grado de precisión la capacidad de absorción de CO₂ que cada uno de ellos realiza.

Por otro lado, si bien las emisiones se estimaron a partir del consumo de energía eléctrica, del uso de distintos tipos de combustibles y del consumo de gas natural por red, debería incorporarse el consumo de gas envasado (garrafa, tubo y chancha) al igual que el consumo de leña para calefacción dado a que ambos contribuyen en las emisiones de CO₂ a la atmósfera.

BIBLIOGRAFÍA

Álvarez, E. (2004): “Huella ecológica de la ciudad de Azul”. Tesis de grado. Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires, Facultad de Ciencias Humanas, Licenciatura en Diagnóstico y Gestión Ambiental. Tandil, Buenos Aires, Argentina.

Brizuela E. y J.C. Loza. (sin año): Unidad IX: Combustión en motores de combustión interna. Disponible en <http://materias.fi.uba.ar/6730/Tomo2Unidad9.pdf>. Consultado en 24/08/2012 a las 16:03. Consultado en 01/08/2012 a las 17:15hs. pp. 171.

- CAMMESA (2010). Informe Anual. Datos relevantes Mercado Eléctrico Mayorista. Disponible en <http://portalweb.cammesa.com/MEMNet1/Documentos%20compartidos/VAnual10.pdf>. Consultado en 01/08/2012 a las 09:35.
- Carabelli, F.; Forti, L.; Baroli, C. y C. Tabares (2012): "La Huella Ecológica como estrategia de intervención en ámbitos comunitarios. Una herramienta para promover la interacción entre saberes que fortalezca el desarrollo local". En: Almeida Leñero, L.; Clar, A. (Colab); Gómez, L. (Colab); Beserra, V. E. (Colab); Tapia, J (Colab) y A. C. Herrero (Dir). *Libro de Trabajos en Extenso Primer Congreso Latinoamericano de Ecología Urbana: desafíos y escenarios de desarrollo para las ciudades Latinoamericanas*. General Sarmiento. Buenos Aires, Argentina, pp. 415-426.
- Comunidad de Navarra (2000): Huella ecológica y sostenibilidad. Elaboración del cálculo de la huella ecológica en la Comunidad de Navarra, 2000. Disponible en www.navarra.es/NR/rdonlyres/4DDB2C0F-58F6-437F-A115. Consultado en 15/03/2012 a las 14:30.
- Departamento de Investigación y Desarrollo (2010): Anuario Estadístico 2010. Disponible en www.turismomardelplata.gov.ar. Consultado en 09/09/2012 a las 14:00.
- Di Pace, M. (2004): "Ecología de la ciudad". Editorial Prometeo Libros. Buenos Aires, Argentina.
- Dillon, J. (2000): "Deuda ecológica. El sur dice al norte: es hora de pagar". En revista *Ecología Política*, N. 20, p. 131-151.
- Dirección de Información Agrícola y Forestal (2011): Estimaciones Agrícolas MAGyP, por Departamento. Disponible en <http://www.siaa.gov.ar/index.php/series-portal/agricultura>. Consultado en 12/11/2012 a las 17:52.
- East Growcom, A. J. (2008): "Vegetable Industry Carbon Footprint Scoping Study. Discussion Paper 1. What is a Carbon Footprint?. An overview of definitions and methodologies". Horticulture Australia Ltd. Sydney, NSW.
- Federación Internacional de Sociedades de la Cruz Roja y de la Media Luna Roja (2010): Informe mundial sobre desastres. 2010 Resumen. Disponible en <http://www.ifrc.org/Global/Publications/disasters/WDR/wdr2010/WDR2010-summary-SP.pdf>. Consultado en 19/10/2012 a las 14:37.
- Finkbeiner, M. (2009): "Carbon footprinting-opportunities and threats". En revista *International Journal Life Cycle Assess*, N.14, p. 91-94.
- Galli, A.; Kitzes, J.; Niccolucci, V.; Wackernagel M.; Wada, Y. y N. Marchettini (2012): "Assessing the global environmental consequences of economic growth through the Ecological Footprint: A focus on China and India". En revista *Ecological Indicators*, N. 17, p. 99-107.
- García, R. N. y E. López Bastida (2012): "Determinación de la huella ecológica del municipio de Lajas". En revista *DELOS*, Vol. 5 N.13, p. 1-17.
- Gareis, M.C. y R. Ferraro (2012): "Consumo de energía eléctrica en el partido de General Pueyrredon y su impacto en las emisiones de CO₂". En: PRODEA. *Ambiental 2012. Actas de libro de resúmenes*. San Juan, San Juan, Argentina, pp.78.
- Glen, P. P. (2010): "Carbon footprints and embodied carbon at multiple scales. En revista *Current Opinion in Environmental Sustainability*. N. 2, p. 245-250.

- Global Footprint Network (2011): What happens when an infinite-growth economy runs into a finite planet?. Anual Report. Disponible en http://www.footprintnetwork.org/es/index.php/GFN/blog/what_happens_when_an_infinite-growth_economy_runs_into_a_finite_planet/. Consultado en 12/09/2012 a las 13:00.
- Greater London Authority (2003): "London's Ecological Footprint. A review". Greater London Authority. London.
- Güñirgo, F. (2006): "Huella ecológica de la ciudad de Tandil". Tesis de grado. Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires, Facultad de Ciencias Humanas, Licenciatura en Diagnóstico y Gestión Ambiental. Tandil, Buenos Aires, Argentina.
- INDEC (2010): Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas: Resultados preliminares. Buenos Aires: Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. Disponible en <http://www.censo2010.indec.gov.ar/>. Consultado en 01/08/2012 a las 12:30.
- Lenzen, M. y S. A. Murray (2001): "Analysis. A modified ecological Footprint method and its application to Australia". En revista *Ecological Economics*, N. 37, p. 229-255.
- Li, S.; Yuan, W.; Shi, T. y L. Zhou (2011): "Dynamic analysis of ecological footprints of Nanchong City in the process of urbanization". En revista *Procedia Engineering*, N. 15, p. 5415-5419.
- López, M. y Ferraro, D. O. (2012): "Huella Ecológica y análisis de Flujo de Materia y Energía: dos herramientas complementarias para el análisis del paisaje urbano-rural." En: Almeida Leñero, L.; Clar, A. (Colab); Gómez, L. (Colab); Beserra, V. E. (Colab); Tapia, J (Colab) y A. C. Herrero (Dir). *Libro de Trabajos en Extenso Primer Congreso Latinoamericano de Ecología Urbana: desafíos y escenarios de desarrollo para las ciudades Latinoamericanas*. General Sarmiento. Buenos Aires, Argentina, pp. 1027-1040.
- Mahamud M. M. y A. I. Suárez (2007): "La huella ecológica: concepto, potencialidad y aplicación". En revista *Ingeniería Química*, N. 448, p. 88-97.
- Ministerio de Desarrollo Social y Medio Ambiente y la Secretaria de Desarrollo Sustentable y Política Ambiental (1997): Inventario de Gases de Efecto Invernadero 1997. Transporte. p. 5. Disponible en: http://www.medioambiente.gov.ar/archivos/web/UCC/File/transporte_inventario_1997.pdf. Consultado en 01/09/2012 a las 9:30.
- Minuartia (2008): Análisis de la Huella Ecológica de Navarra. Documento: Informe de resultados. Marzo 2008. Disponible en <https://www.navarra.es/NR/rdonlyres/ACF581F9-C847-4537-9679-4023E21EF5F8/122598/InformedeResultados.pdf>. Consultado en 12/09/2012 a las 15:20.
- Moore, D. y Global Footprint Network (2011): "Ecological footprint analysis. San Francisco – Oakland – Fremont, CA". Global Footprint Network. Oakland, California, United States of América.
- Muguruza, M. I. (2000): La huella ecológica de los humanos. Disponible en <http://www.euskonews.com/0084zbk/gaia8401es.html>. Consultado en 15/03/1012 a las 16:40.
- Municipalidad de General Pueyrredon (2005): Plan Estratégico de Mar del Plata y el Partido de General Pueyrredon. Disponible en <http://www.mardelplata.gov.ar/documentos/planestrategico/planoperativo2006/documentobasepot.pdf>. Consultado en 11/04/2013 a las 12:05.
- Municipalidad de General Pueyrredon (2012): Disponible en <http://www.mardelplata.gov.ar>. Consultado en 09/07/2012 a las 09:45.

- Naciones Unidas (2012): La sostenibilidad del Desarrollo a 20 años de la Cumbre para la Tierra. Avances, brechas y lineamientos estratégicos para América Latina y el Caribe. Disponible en: <http://www.eclac.org/publicaciones/xml/7/46097/2012-65-RIO+20-ESPANOL-WEB.pdf>. Consultado en 16/10/2012 a las 18:20.
- Naredo, J.M. (2001): "Economía y sostenibilidad: la economía ecológica en perspectiva". En revista *Polis Revista de la Universidad Bolivariana*. N. 2, p. 1-27.
- Pandey, D.; Agrawal, M. y J. S. Pandey (2011): "Carbon Footprint: current methods of estimation". En revista *Environ Monit Assess*, N. 178, p. 135-160.
- Quiroga M. R. (2001): "Indicadores de sostenibilidad ambiental y de desarrollo sostenible: estado del arte y perspectivas". Serie Manuales N°16. CEPAL, Naciones Unidas. Santiago de Chile, Chile.
- Quiroga M. R. (2007): "Indicadores ambientales y de desarrollo sostenible: avances y perspectivas para América Latina y el Caribe". Serie Manuales N°55. CEPAL, Naciones Unidas. Santiago de Chile, Chile.
- Rodríguez Mellado, J. F. (2008): "Indicador para la Sostenibilidad de la Actividad Urbanística: Balance CO2 producido/CO2 absorbido de la Aglomeración Urbana de Sevilla." En: CONAMA 9. *Congreso Nacional del Medio Ambiente*. Cumbre del Desarrollo Sostenible. Madrid, España, pp. 1-20.
- SAyDS (2007): "2da Comunicación Nacional de la República Argentina a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático". Marcelo Kohan. CABA, Argentina, pp. 151.
- SAyDS (2008): Documento de referencia. La huella de carbono del argentino promedio. Disponible en: http://www.ambiente.gov.ar/archivos/web/UCC/File/030608_metodologia_huella_carbono.pdf. Consultado en 16/10/2012 a las 18:48.
- Sutton, P. C.; Anderson S. J.; Tuttle B. T. y L. Morse. (2012): "The real wealth of nations: Mapping and monetizing the human ecological footprint". En revista *Ecological Indicators*, N. 16, p. 11-22.
- Va Vuuren, D. P. y E. M. W. Smeets (2000): "Analysis. Ecological Footprint of Benin, Bhutan, Costa Rica and the Netherlands". En revista *Ecological Economics*, N.34, p. 115-130.
- Vackár, D. (2012): "Ecological Footprint, environmental performance and biodiversity: A cross-national comparison". En revista *Ecological Indicators*, N. 16, p. 40-46.
- Wackernagel M. y W. E. Rees (1996): "Our ecological Footprint. Reducing human impact on the earth". New Society Publishers. Gabriola Island, B.C. Canada.
- Wiedmann T. y J. Minx (2007): A definition of "Carbon Footprint". Disponible en: http://www.censa.org.uk/docs/ISA-UK_Report_07-01_carbon_footprint.pdf. Consultado en 13/09/2012 a las 10:21.
- Zulaica, L; Ferraro R. y P. Vazquez (2011): "Análisis temporal de los usos de suelo en el periurbano de Mar del Plata y el partido de General Pueyrredon (1986-2009)." En: *Actas del Primer Congreso de Tecnologías de la Información Geográfica y Cuarta Reunión de Usuarios de Tecnologías de la Información Geográfica del NEA*. Resistencia, Chaco, Argentina, pp. 479-492.

- ⁱ Un indicador es un signo, típicamente medible, que puede reflejar una característica cuantitativa o cualitativa, y que es importante para emitir juicios sobre condiciones de un sistema actual, pasado o hacia el futuro; la formación de un juicio o decisión se facilita comparando las condiciones existentes con un estándar o meta prevista (Quiroga, 2001, 2007).
- ⁱⁱ Otros indicadores biofísicos son: HANPP (Apropiación Humana de la Producción Primaria Neta), MIPS (Mochila Ecológica), EROI.
- ⁱⁱⁱ Incorporan lo económico, lo social y lo ambiental y buscan dar cuenta del progreso al Desarrollo Sustentable utilizando un número determinado de indicadores vinculantes (Quiroga, 2001).
- ^{iv} la capacidad de un área específica biológicamente productiva de generar un abastecimiento regular de recursos renovables y de absorber los desechos resultantes de su consumo.
- ^v Por grandes ciudades se entiende a aquellas que poseen un número de habitantes comprendido en el rango de 500 mil a dos millones y que poseen tasas de crecimiento mayores en comparación a la que tienen las grandes áreas metropolitanas (Di Pace, 2004).
- ^{vi} Una rama de la economía que “[...]considera los procesos de la economía como una parte integrante de una versión agregada de la naturaleza que es la biósfera y los ecosistemas que la componen [...]” (Naredo; 2001: 7)
- ^{vii} 1MWh equivale a 3600MJ. Fuente: <http://www.barcelonaenergia.cat/cas/utilidades/equivale/equivale.htm>
- ^{viii} 1MWh de energía eléctrica producida genera una emisión de 380 kg de CO₂ a la atmósfera. Fuente: Secretaría de Energía de la Nación Argentina para el año 2010.
- ^{ix} La densidad del gas natural es de 0,719, el poder calorífico es de 48,33MJ/Kg y el factor de emisión de CO₂ de este mismo gas es de 56140 KgCO₂/TJ según SAYDS (2007)
- ^x Por ejemplo, para estimar los consumos del sector agro se unieron los consumos realizados a partir de bocas de expendio (venta minorista) y los efectuados en el mercado mayoritario. Esto también ocurrió con los sectores transporte de cargas, transporte público y otros sectores.
- ^{xi} La densidad del gas oil, de la nafta, gas natural y del aerokerosene al igual que el poder calorífico del gas oil, kerosene, aerokerosene se obtuvieron de SAYDS (2007).
- ^{xii} Según Brizuela E. y Loza J. C. (sin año), pag. 171.
- ^{xiii} http://www.unedbarbastro.es/ADJUNTO/1254/1254_29_09_2009_10_00_29_TablasdeConversion.pdf, pag. 3. Fecha de consulta 24 de agosto de 2012.
- ^{xiv} <http://www.cineticasa.com/conversiones.php>. Fecha de consulta 01 de septiembre de 2012.
- ^{xv} Según Brizuela E. y Loza J. C. (sin año), pag. 171.
- ^{xvi} Los datos referidos al poder calorífico del gas oil, kerosene y naftas se extrajeron de SAYDS (2007).
- ^{xvii} Según Ministerio de Desarrollo Social y Medio Ambiente y la Secretaria de Desarrollo Sustentable y Política Ambiental (1997),
- ^{xviii} El término extensiva se aplica aquí para separar la agricultura intensiva correspondiente a la horticultura de las grandes áreas destinadas al cultivo de avena, cebada cervecera, colza, girasol, maíz, soja y trigo.
- ^{xix} Esta última actividad se calculó por la diferencia entre todas las restantes con la superficie del partido, ya que incluye todo lo que las otras actividades excluyen.
- ^{xx} Categorizaciones propuestas por Rodríguez Mellado JM (2008), págs. 8, 9, 10 y 11.
- ^{xxi} Áreas destinadas al cultivo de avena, cebada cervecera, colza, girasol, maíz, soja y trigo.
- ^{xxii} Fuel oil 16% (2.261.828tn), gas oil 5% (1.667.673m³), carbón mineral 3% (873.904tn).
- ^{xxiii} Sectores: residencial, comercial, industrial, oficial, al público, otros, servicios sanitarios, establecimientos rurales, riego, tracción.
- ^{xxiv} Aerokerosene, aeronaftas, aguarras, asfaltos, bases lubricantes, butane, coque, diesel oil, fuel oil, gas de refinería, gas oil, grasas, kerosene, lubricantes, naftas (común, super, ultra, virgen para consumo de petroquímicas), otros cortes de gas oil y nafta, otros productos (livianos, medios, pesados), propano, solventes (alifáticos, aromáticos, hexano).
- ^{xxv} Municipalidad de General Pueyrredón (2012).