

# Sustentabilidad urbano-regional: paradigma y dilema. Estudio focalizado en la mitigación de los gases efecto invernadero

CARLOS DISCOLI<sup>1</sup> Y DANTE ANDRÉS BARBERO<sup>2</sup>

## Resumen

La sustentabilidad en el marco de los espacios urbanos, en los países en vías de desarrollo, aún se encuentra muy distante de lograrse. En este sentido sería conveniente incorporar el concepto de insustentabilidad con el objeto de poder definir el grado de perturbación ambiental ocasionado por los centros urbanos. Esto implica abordar metodologías que involucren estrategias convergentes de análisis dada la diversidad de variables. El trabajo desarrolla una metodología para cualificar, cuantificar e integrar las dimensiones relacionadas a la energía, las emisiones aéreas relacionadas al efecto invernadero y los potenciales sumideros urbanos-regionales. Se espacializan los resultados en un sistema de información geográfico (SIG).

PALABRAS CLAVE: Sustentabilidad, Insustentabilidad, Contaminación, Impacto ambiental.

## Abstract

Sustainability in developing countries urban spaces is yet to come. In this context, it would be convenient to introduce the idea of un-sustainability, in order to define the environmental disturbance amount caused in urban districts. This implies taking on methodology that involves converging analysis strategies, according to a broad number of variables. The paper develops a methodology to quantify, qualify and integrate dimensions related to energy and gas emissions in association to greenhouse effect and potential urban-regional dumps. Results are shown over a GIS map.

KEYWORDS: Sustainability-Un-sustainability-Pollution

<sup>1</sup> Investigador del CONICET.

<sup>2</sup> Investigador del CONICET. E-mail: [dantebarbero@vahoo.com.ar](mailto:dantebarbero@vahoo.com.ar).

## Introducción

La biosfera a lo largo de la historia ha sufrido cambios estructurales muy importantes, los cuales han permitido modelar con el transcurso del tiempo una atmósfera con características bióticas excepcionales. El equilibrio dinámico de la biosfera responde, entre otras cosas, a los fenómenos y procesos en los que el hombre interviene cotidianamente. Como expresó el biólogo canadiense J.R. Vallentyne, «a mediados del siglo XIX pocas personas sospechaban siquiera que nuestra especie era producto de la evolución de la biosfera o que éramos parte de un sistema planetario viviente organizado y capaz de mantener vida orgánica». También afirmaba que «el descubrimiento del ADN, la base química de la herencia, ha probado, sin lugar a dudas, que no sólo somos producto de la biosfera sino que estamos adaptados a ella y dependemos de ella. Desde una perspectiva Humana, de lo anterior se deriva que la normalidad e integridad de los sistemas políticos depende de la normalidad e integridad de los sistemas económicos que, a su vez, dependen de la normalidad e integridad de los sistemas ecológicos que, colectivamente, comprenden la biosfera. Esto se debería reconocer en forma explícita, aunque sea tardíamente en las constituciones nacionales».

Si analizamos el contexto global, observamos que los procesos antropogénicos han quebrado sistemáticamente, en el tiempo, las cadenas de normalidad e integridad de sistemas, poniendo en crisis el delicado equilibrio establecido en la biosfera. Hace aproximadamente tres décadas, se han comenzado a detectar fuertes desequilibrios en la integridad de los sistemas ecológicos, situación que ha obligado al desarrollo de reuniones cumbres como la Conferencia Mundial sobre Medio Ambiente y Desarrollo (Estocolmo'72 y Río '92), y las de la Convención de Cambio Climático (CMNUCC, Reuniones de las conferencias de partes (COP). Todas ellas han permitido en el tiempo reconocer políticamente la problemática ambiental. Este reconocimiento motorizó algunas acciones serias que apuntaron a revertir dicha situación, a pesar de que algunos países centrales mantienen aún la negativa de asumir sus responsabilidades.

Entre los conceptos rectores que se han trabajado, una vez instaurada y aceptada la problemática ambiental, podemos mencionar a la

«sustentabilidad» en el marco del desarrollo humano. Si nos detenemos en algunas definiciones, podemos mencionar la adoptada por la Comisión Mundial del Medio Ambiente y Desarrollo, que la considera como una modalidad que posibilita la satisfacción de las necesidades de esta generación sin menoscabar las posibilidades de las generaciones futuras en satisfacer las propias.

Definición a la que la Fundación Bariloche de la República Argentina (FB e idee, 1996) considera necesario incorporar las concepciones integrales del desarrollo, tomando como modalidad de desarrollo a la capaz de utilizar los recursos naturales para satisfacer las necesidades esenciales de la población de esta generación y las futuras, elevando la calidad de vida mediante la maximización a largo plazo del potencial productivo de los ecosistemas mediante tecnologías adecuadas y la participación de la población en las decisiones fundamentales del desarrollo.

Y si indagamos en nuestro caso en la Constitución Nacional de la República Argentina, de 1994, de manera explícita aunque tardíamente, en el artículo 41 se establece: «Todos los habitantes gozan del derecho a un ambiente sano, equilibrado, apto para el desarrollo humano y para que las actividades productivas satisfagan las necesidades presentes sin comprometer la de las generaciones futuras; y también el deber de preservarlo. El daño ambiental generará prioritariamente la obligación de recomponer, según establezca la ley».

Si realizamos un balance mundial, en el inicio del tercer milenio, observamos que entre lo enunciado como deseable y lo realizado existe una gran brecha. En términos generales podemos decir que se han abordado algunos aspectos de la problemática, con grandes avances a nivel de diagnósticos, pero con soluciones muy restringidas y específicas. Se cuenta con resultados aún incipientes, con un alto grado de fragmentación y con respuestas políticas poco alentadoras.

La problemática ambiental en el contexto latinoamericano está agravada por: los efectos de la mundialización de la economía en el marco de estados político-institucionales débiles; por la consolidación y expansión de patrones de desarrollo y de consumo en el marco de gran inequidad social; y por la instauración de estilos de vida insostenibles. Este contexto conjugado con el habitual desequilibrio urbano de nuestras regiones (entre centro y periferia), ha precarizado el hábitat en algunos casos a niveles intolerables (Agosin y

Tussie, 1992), (Gallopín, 1993). En este estado de situación, la conciencia de riesgo en la población, es creciente y con consecuencias poco previsibles. En todas las naciones y sectores sociales, se está conformando una idea incipiente, aunque despereja, de que hay que comenzar a construir un hábitat sostenible (Gallopín, 1993; Olivier, 19-93), aceptando cada vez más que la cuestión ambiental se extiende mucho más allá de la dimensión ecológica.

En la Argentina existen importantes desarrollos relacionados al concepto de calidad de vida, y se ha comenzado a abordar aquellos relacionados a la calidad de vida urbana. Debemos recordar que en la Argentina el 85% de la población vive en ciudades y el crecimiento urbano aumenta tanto por la inmigración campo-ciudad, como por la caída de mortalidad y el aumento de la natalidad. Esta concentración desproporcionada de población, se desarrolla e interactúa con el ambiente natural imponiendo en la mayoría de los casos sus demandas, estableciéndose así, roles muy diferenciados y desequilibrados entre «sistemas servidos» y «sistemas sirvientes».

Existen múltiples interpretaciones de *calidad de vida*, y la mayoría en sí abordan parte de sus dimensiones. A pesar de la dificultad de considerar una en particular, nos interesa abordarla en el sentido más amplio, como lo sintetiza Derek Parfit, «*lo que hace que una vida sea mejor*» (Nussbaum y Sen, 1996), sin obviar las múltiples y complejas cuestiones del concepto. Si hacemos un recorrido muy sintético de ellas con el objeto de visualizar su complejidad, podemos mencionar a: la distribución de los recursos; la capacidad de conducir la vida; la expectativa de vida, la salud, los servicios médicos y sanitarios; la calidad del ambiente biológico y físico; la educación, disponibilidad, naturaleza y calidad de la misma; el trabajo; los bienes primarios; la libertad; la posibilidad de desarrollo y ecuanimidad de oportunidades; entre otras. Como podemos observar y se describe en Nussbaum y Sen, este concepto se está debatiendo en varios campos diferentes. En cuanto a *calidad de vida urbana*, está íntimamente relacionada al concepto anterior, al que se le incorpora el medio en el que se desarrollan las actividades de gran parte de la población, que indefectiblemente pauta, condiciona, genera, y modifica gran parte de los componentes que intentan dimensionar la «calidad de vida».

En consecuencia, por lo expuesto, podemos inferir que la sustentabilidad, en el marco de los espacios urbanos de la región, aún se encuentra muy distante de lograrse, ya que la diversidad de intervenciones e impactos, en general presentan una fuerte distorsión en su entorno inmediato y en la región. Admitiendo que el término sustentabilidad representa un paradigma a conseguir, en el campo de lo concreto y advirtiendo la realidad descrita, sería conveniente referirse al concepto de insustentabilidad o grado de insustentabilidad. Desde este punto de vista, podríamos dimensionar con mayor precisión el grado de perturbación de las estructuras urbanas, en general, energo-intensivas; y cuantificar cuan distantes se encontrarían del equilibrio y de la capacidad de regeneración de la región, atendiendo en el análisis a las diferentes dimensiones.

Definir el grado de perturbación ocasionado por un centro urbano, en función de la diversidad de variables en juego, requiere de la formulación de metodologías que involucren estrategias convergentes de análisis con objetivos comunes. En este sentido debemos decir que lo que se establece en el último párrafo del artículo 41 de la Constitución Nacional Argentina («El daño ambiental generará prioritariamente la obligación de recomponer, según establezca la ley») se encuentra muy distante de su aplicación. El término «recomponer» desde un aspecto semántico cumple su función, pero desde un aspecto práctico, se torna en muchos casos inviable. Esto se debe a una gran diversidad de causas y efectos; al desconocimiento institucional, al escaso acceso a las tecnologías limpias, a problemas jurisdiccionales político-institucionales, a la reducida partida de recursos económicos y de infraestructura oficial y a la inexistencia de metodologías integrales que consideren al problema en su verdadera magnitud.

El presente trabajo plantea, en consecuencia, una manera de analizar y dimensionar la situación urbano-ambiental, y considera para su aplicación un área de estudio con el objeto de probar la metodología, sin desconocer que toda delimitación condiciona al objeto analizado y sus condiciones de borde. El área de aplicación corresponde al partido de La Plata, provincia de Buenos Aires, Argentina. Este recorte se realiza exclusivamente con fines prácticos en cuanto al acceso de la información y a los problemas de incumbencias y superposiciones de las autoridades de las diferentes áreas gubernamentales. Entendemos que la

coordinación política-institucional es vital para abordar problemáticas de estas características, pero esta temática no se incluye en este trabajo. En estos términos en el trabajo se desarrolla el ejemplo y presenta los resultados para un escenario actual y uno potencial. La información detallada y global obtenida daría mayor precisión y certeza a los diagnósticos actuales. Los mismos permitirían establecer estrategias reales de mitigación, e implementar pautas claras para «recomponer» cada una de las dimensiones afectadas.

## Metodología

En la metodología desarrollada intervienen estrategias de análisis que tienden a objetivos comunes. Se implementa por medio de: la sistematización de la información, la construcción de indicadores, la utilización de estadística determinística y de clasificación (expansión de muestras, procesamiento y normalización de datos), y la implementación de sistemas georreferenciados con salida orientadas a la regionalización de interacciones. Esta diversidad de herramientas nos permite caracterizar y relacionar variables, obtener índices e indicadores y generar perfiles de comportamiento relacionados a los consumos de energía, las emisiones aéreas de cada contaminante con la localización precisa de su fuente y la capacidad de mitigación de las distintas áreas según su forestación.

La información utilizada surgió de encuestas detalladas de hogares (Proyectos de investigación URE-AM y URE-AM II (Rosenfeld, 1997); Desarrollo de una metodología para el modelado de la situación energético-ambiental orientado al diagnóstico temprano en las aglomeraciones del Gran La Plata (Discoli, 2004) y orígenes y destinos del sistema de transporte automotor de La Plata (Ravella, 1994).

La metodología admite procesar un amplio espectro de dimensiones urbanas relacionadas a los servicios básicos asociados a la calidad de vida. Para esta publicación, se trabajó sobre las demandas de energía de la ciudad, identificadas por sectores y por fuentes de energía. Se caracterizó a nivel global por medio de las redes de servicio e infraestructura, y a nivel detallado/particular por sus nodos/usuarios. Como estrategia de mitigación se evaluaron los sumideros naturales existentes y los potenciales, a nivel local y regional.

En cuanto al consumo de energía urbana, el material procesado hasta el momento nos ha permitido elaborar mapas urbanos que visualizan y cuantifican la densidad energética discriminada por sectores (residencial, comercio, educación, salud, transporte, etcétera). Se consideraron los diferentes vectores energéticos (energía eléctrica, gas y combustibles líquidos y sólidos) unificando las unidades en toneladas equivalentes de petróleo (TEP). Se evaluaron y relevamos los consumos reales para cada sector y tipos de uso y se calcularon en forma discriminada las emisiones de los gases contaminantes para cada vector energético y se localizaron geográficamente los diferentes niveles de concentración. Se calcularon y confeccionaron en el sistema de información geográfica (SIG), los mapas que integran y localizan espacialmente en el tejido urbano los resultados energéticos y de contaminación. Se identificaron en la ciudad las áreas con diferentes consolidaciones (alta, media y baja consolidación edilicia), y los corredores del transporte público y privado, según su densidad vehicular, planta motriz y frecuencia de tránsito (Aon, 2000). De esta manera se pudo cuantificar y visualizar la situación urbana desde los aspectos energéticos y su contaminación aérea en forma desagregada e integral. De hecho, con la información obtenida se pueden replantear diferentes escenarios que apuntarían a: i. establecer medidas de racionalidad energética en los diferentes sectores; y ii. plantear diferentes estrategias de mitigación en cuanto a la participación de cada contaminante según el escenario previsto.

Los proyectos de investigación mencionados (URE-AM y URE-AM II, Orígenes y destinos del sistema de transporte automotor de La Plata), nos permitieron establecer patrones de consumos energéticos, modalidades de uso y contaminación y perfiles característicos de cada sector urbano (Discoli, 1998, 2000; Rosenfeld, 2000; Cantón, 2000, 2003, 1995).

En cuanto a las medidas orientadas a mitigar los contaminantes emitidos (como por ejemplo el CO<sub>2</sub>), en el artículo 2 del Protocolo de Kioto se habla de «tecnologías de secuestro de dióxido de carbono y de tecnologías avanzadas y novedosas que sean ecológicamente racionales». La fórmula utilizada en este caso responde a «absorción por sumideros de gases de efecto invernadero no controlados por el Protocolo de Montreal». Esta fórmula formaría parte, entre otras, de lo que el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático

denomina «Estrategias de Gestión del Carbono». Nos referimos básicamente a la «fijación por ciclo biológico», con procesos relativamente rápidos. Es claro que cuando nos referimos a secuestro de carbono estamos diciendo fijar y/o aumentar los reservorios naturales de los ecosistemas terrestres, haciendo hincapié en la preservación, forestación y reforestación de espacios existentes y/o con potencial disponibilidad. No debemos desconocer en este caso que estos procesos de mitigación deben formar parte de una planificación estratégica, ya que los bosques son sumideros temporales y con una renovación del carbono atmosférico de aproximadamente veinte años. En consecuencia debe considerarse en todos los casos *el destino final* de los sumideros considerados, a efectos de prolongar al máximo la capacidad de almacenaje del carbono.

En consecuencia, para la situación energética y de emisión de contaminantes, es importante conocer la capacidad de secuestro actual y la potencial de la región. En este sentido, la ciudad de La Plata es una de las pocas ciudades planificadas desde su génesis (1882), y contó con un importante sistema de parques y jardines que se mantiene hasta la actualidad. Su planificación permitió absorber parte de los cambios en sus sistemas urbanos, ya que en la actualidad la relación espacios verdes-habitante original (14 m<sup>2</sup>/habitante en plazas y parques) fue quebrada sistemáticamente en las últimas décadas (3.41 m<sup>2</sup>/habitante y 12.15 m<sup>2</sup>/habitante si se incluye la forestación de las aceras). De todos modos, la ciudad cuenta con espacios amplios con aceras en general arboladas, e importantes calles y avenidas.

Estas características urbanas nos permiten plantear dos escenarios de mitigación utilizando como estrategia el secuestro de carbono por «fijación biológica». Estos son: i. el primero considera a las áreas forestadas de la región, tanto urbanas, como suburbanas; ii. el segundo responde a un análisis potencial de mitigación, orientado a determinar las áreas de la región posibles de forestación (públicas y privadas).

Para el primer escenario, se localizaron y espacializaron con SIG las regiones que puedan actuar como sumideros constituidas por un sistema de parques y jardines, ramblas y veredas de los espacios intraurbanos, como las parquizaciones de áreas suburbanas (parques y recreos). En cuanto al segundo escenario, se identificaron los potenciales espacios a forestar. Se consideraron las ca-

racterísticas topográficas de cada uno de ellos. Se descartaron las zonas inundables que pertenecen al valle de inundación de la cuenca del río de La Plata, y a los sectores que fueron destinados como canteras (Cavas) y/o suelos decapitados para la comercialización de tierra negra. En cuanto a la disponibilidad de suelo forestable, se indagó sobre las especies apropiadas en función de los nutrientes, nivel de fijación del carbono y tiempos de desarrollo (Goya, 2000). De hecho, los emprendimientos forestales con un buen manejo en su gestión, permitirían mejorar y/o establecer emprendimientos industriales relacionados, potenciando el interés fundamentalmente en las propiedades privadas. Se debe aclarar que la región cuenta con industrias afines, cuyas materias primas provienen en general de regiones de producción forestal distantes.

La integración por medio de la georeferenciación; la cualificación y cuantificación de los espacios urbanos, nos permitió detectar áreas con alto grado de compromiso ambiental (emisiones gaseosas de todo tipo, en este caso en particular de CO<sub>2</sub> de origen energético), y áreas forestadas con diferente poder de absorción. De este modo se definieron zonas homogéneas con diferentes densidades energéticas, distintos niveles de concentración de contaminantes, y zonas de mitigación.

Los mapas resultantes, permitirán generar diagnósticos de situación relacionando diferentes requerimientos. La información detallada permitirá inferir el *grado de sustentabilidad*, o lo que sería más preciso, el *grado de insustentabilidad* de un sector o una región en su conjunto. Este tipo de valoraciones una vez cualificadas y cuantificadas, permitirán generar acciones sobre cada sector con medidas específicas de corrección, evaluar la capacidad actual y potencial de sumideros naturales y artificiales de la región, y formular estrategias concretas de mitigación asociadas a emprendimientos laborales (planes de forestación y manejo) e industriales emergentes.

Esto permitiría ajustar la dinámica del espacio urbano, ya que entendemos que responde a la interacción de un complejo de mallas de redes que actúan en diferentes niveles. En consecuencia una gestión ecuaníme del espacio urbano, permitiría intervenir positivamente en una mejor valoración de la calidad de vida, tanto en sus aspectos directos como en los consecuentes ligados a la preservación y reducción de la insustentabilidad del entorno.

## Variables consideradas e instrumentación

Entre la información urbana relevada y sistematizada para este trabajo podemos mencionar:

- a. el consumo residencial en función de sus diferentes consolidaciones urbanas;
- b. la red de salud pública-privada clasificada según nivel de complejidad con su densidad energética;
- c. la red de educación pública-privada discriminada por complejidad con su densidad energética;
- d. las redes de suministros de energía (gas y electricidad) y su cobertura según tipo de usuario;
- e. la red de transportes públicos y privados, discriminando la cobertura por tipos, con su densidad energética;
- f. la red de espacios verdes (sistema de parques) y suelos libres posibles de ser forestados;
- g. y la información general relacionada a cada radio censal (consolidación urbana, cantidad de viviendas por manzana, población, disponibilidad de servicios básicos, etcétera).

En todos los casos, y en función de la información disponible, se incorporaron a las bases de datos los campos correspondientes a la localización, la producción, los consumos energéticos, la infraestructura edilicia, las coberturas de cada red de servicio e infraestructura, etcétera.

Se utilizaron programas estadísticos del tipo SPSS 9 y sistemas georeferenciados (SIG) del tipo ArcView3.0. Se obtuvieron índices e indicadores específicos y se generaron perfiles que caracterizan la densidad energética y la contaminación discriminada por tipo (CO<sub>2</sub>, CO, NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub>, etcétera). Como antecedentes metodológicos y de aplicación se pueden mencionar los trabajos realizados en los sectores de servicios urbanos (salud y educación de la Provincia de Buenos Aires, Argentina), (Discoli, 2000, 1998; Discoli y San Juan, 1998 y Aón, 2000).

En cuanto a las estrategias de «secuestro de carbono» se analizó el entorno natural y los espacios verdes artificiales, como sumideros actuales y potenciales para compensar en este caso las emisiones de CO<sub>2</sub> (causante principal del efecto invernadero). Este rol es cumplido en la actualidad, entre otros, por los espacios verdes con forestación y/o reforestación, ya que los mismos constituyen grandes sumideros de C. En la Argentina más del 80% de

las especies forestales cultivadas son de rápido crecimiento y manejadas con rotaciones cortas, lo que provoca que las áreas destinadas a forestaciones se comporten casi en forma permanente, como captadores de CO<sub>2</sub> atmosférico (Goya, 2000).

Los espacios verdes urbanos y suburbanos de la región en estudio, los podemos clasificar como: espacios naturales manejados; espacios artificiales parquizados; pastizales; sectores productivos y bañados, todos cumpliendo un rol potencialmente significativo en función de sus características en términos de tasa de crecimiento, fijación del carbono, absorción y emisión de gases (CO<sub>2</sub>). En general en la región bonaerense, en principio, los bosques manejados son sumideros importantes de CO<sub>2</sub> atmosférico. De hecho, en la región Buenos Aires en el rubro bosques manejados, el balance de dióxido de carbono muestra una capacidad de absorción de CO<sub>2</sub> de la atmósfera de 1900 Gg/año (ANEXO 14, Proyecto ARG/95/G/31 -PNUD-SECYT, 1997).

La confrontación de resultados, en este caso relacionados a la energía consumida, a las emisiones de contaminantes aéreos consecuentes, y el grado de absorción de los más significativos, nos permite evaluar el *grado de insustentabilidad* de un sector o de una región. La instrumentación para las diferentes variables urbanas permitirá establecer un diagnóstico de situación del conjunto.

## Determinación del grado de insustentabilidad urbano

En este ejemplo de aplicación se evalúa el estado energético actual distribuido en el espacio urbano y dos escenarios de mitigación (actual y potencial) teniendo en cuenta la estrategia de secuestro por medio de la «fijación por ciclo biológico». Los dos escenarios planteados en la metodología son: i. el primero considera las áreas forestadas de la región, tanto urbanas, como suburbanas; j. el segundo responde a un análisis potencial de mitigación, orientado a determinar las áreas de la región posibles de forestación (públicas y privadas).

### Primer escenario. Situación actual

Para la evaluación energética y de contaminación se integraron los resultados finales

de los sectores urbanos y suburbanos (residencial, salud, educación, transporte, comercio, etcétera). En cuanto a las emisiones aéreas de contaminantes, se consideraron como fuentes energéticas a la energía eléctrica (térmicas locales y/o regionales), gas natural, combustibles líquidos y los combustibles sólidos. La Tabla 1 muestra los valores síntesis para cada sector por unidad específica.

**Tabla 1. Indicadores síntesis discriminado por sectores en TEP por año.**

Sector Residencial (Urbano y Suburbano)	1.64 TEP/vivienda
Sector Residencial (Urbano y Suburbano)	0.43 TEP/persona
Sector Salud (Pública y privada)	1.25 TEP/cama
Sector Educación (Pública y privada)	0.008 TEP/alumno
Sector Transporte (Pública y privada)	5266 TEP/km
Servicios generales (Público)	0.10 TEP/habitante

Fuente: elaboración propia.

La integración y superposición de los resultados en mapas temáticos muestran la distribución de cada variable analizada. El consumo energético urbano total corresponde a 1.765.734 TEP/año (2.7 TEP/habitante) y la integral de las emisiones de CO<sub>2</sub>, se calculó en 4.416.728.027 Kg/año. En la medida que se incorporen nuevos consumos, se tendrán resultados de la región en su conjunto.

Con respecto a la capacidad de sumideros, el área en estudio cuenta con un significativo sistema de parques (espacios naturales manejados). Las superficies forestadas cuentan con un

importante número de especies maduras. Dado el estado de desarrollo se considera en el análisis una reducción de aproximadamente un 17% en la absorción y fijación del C con respecto a especímenes jóvenes (Goya, 2000). El resto de las áreas (pastizales; sectores productivos y bañados) se incorporarán una vez analizados, advirtiendo que la fijación y absorción de C y CO<sub>2</sub> es menor, dado que la masa leñosa a acumular es muy inferior a la forestal. Estas cobran una mayor actividad en los meses con mayor radiación solar y mayor temperatura ambiente. La extensión de las áreas representarían una variable significativa en el balance.

Entre las especies estudiadas contamos con: Coníferas, Eucalyptus sp., Salicáceas, entre otras; que conforman gran parte de los espacios urbanos y suburbanos de la región (Goya, J. 2000). La tabla 2 muestra las tasas de absorción, emisión y balance del conjunto de especies mencionadas, las que serán consideradas como referencia para el análisis global.

En cuanto a la forestación de la ciudad de La Plata y su entorno, contamos en el casco urbano con un total de 662.174 ejemplares, contabilizados en parques, plazas, ramblas y veredas (Municipalidad de La Plata, 1996). Las áreas afectadas corresponden a una superficie aproximada de 715 hectáreas arboladas, cuya distribución corresponde a 148,6 hectáreas en parques y plazas, con 18.684 ejemplares adultos; y 567 hectáreas destinadas a veredas con 643.490 ejemplares adultos. La relación forestación/superficie, para el casco urbano, resulta para parques y plazas de 79m<sup>2</sup>/ejemplar y en veredas de 8.8 m<sup>2</sup>/ejemplar. En cuanto a los espacios verdes forestados suburbanos, contamos con una superficie arbolada de 415 hectáreas, con una importante diversidad de ejemplares adultos. El total de área verde forestada afectada en este estudio corresponde a 1130,6 hectáreas.

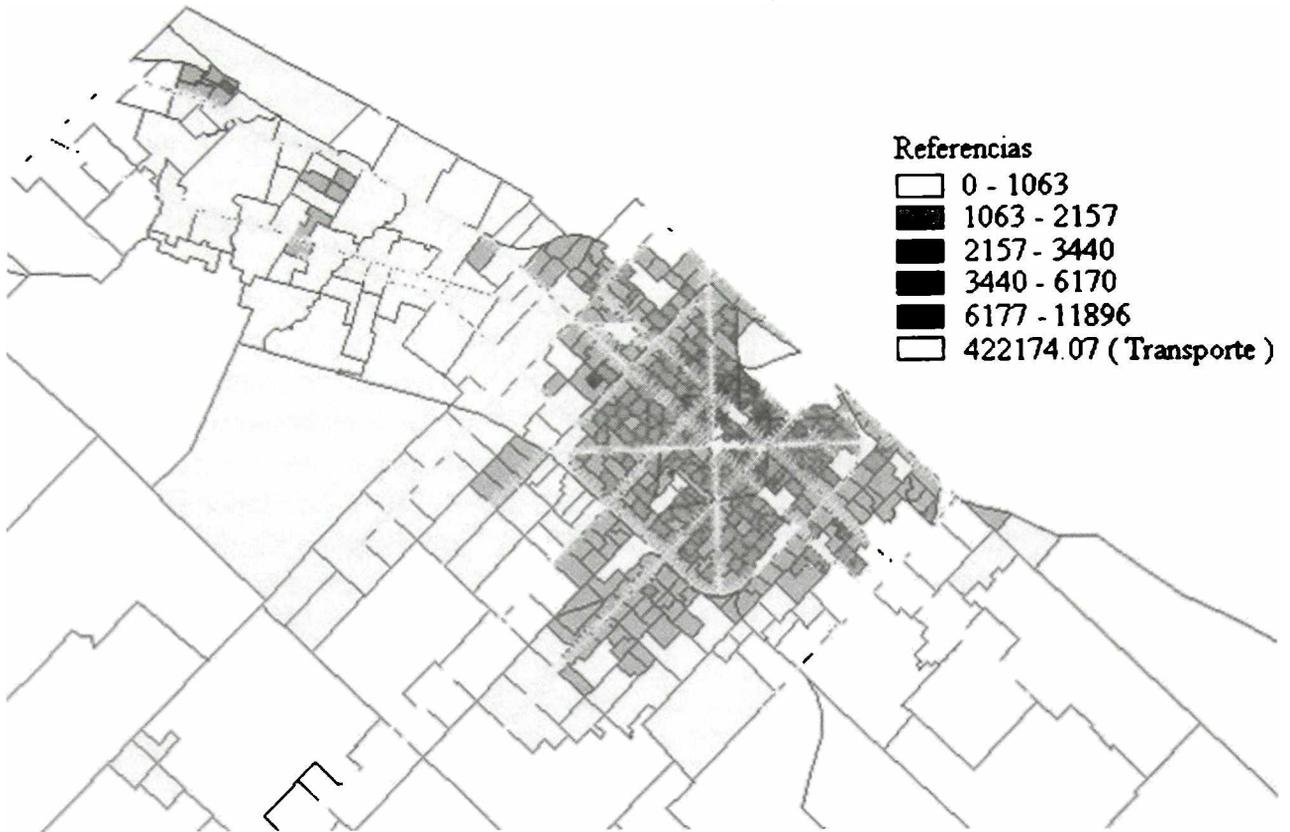
**Tabla 2. Tasas de absorción, emisión y balance de C para la región Buenos Aires.**

Región	Superficie Forestada (kha)	Tasa anual de absorción de C (Mg.ha-1)	Tasa anual de liberación de C (Mg.ha-1)	Balance anual de absorción-liberación de C (Mg.ha-1)	Balance anual de absorción-liberación de C (Gg)
Buenos Aires	144	6,2	2,6	3,6	518,4

Fuente: elaboración propia.

**Figura 1. Energía total consumida en el área de estudio en TEP/ año.**

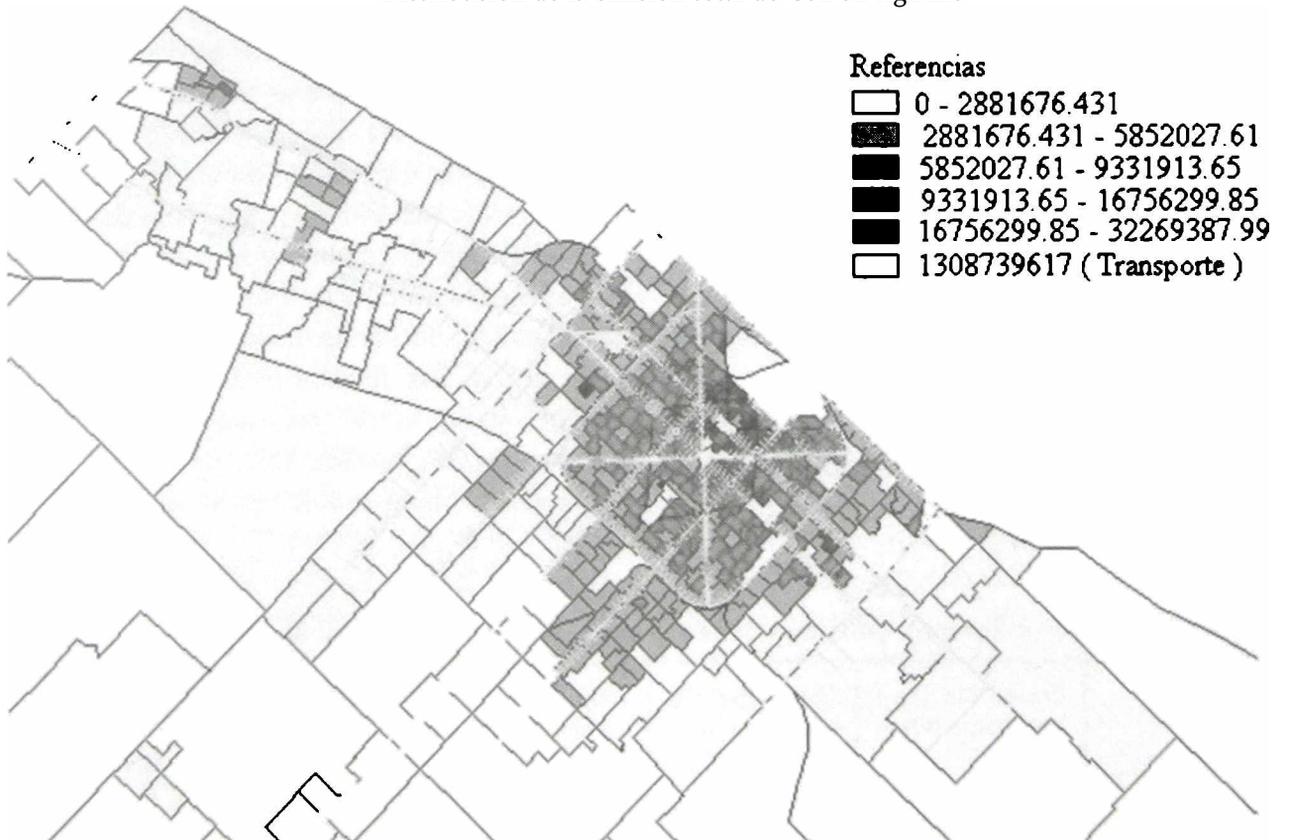
Distribución total del consumo de energía en TEP/año



Fuente: elaboración propia.

**Figura 2. Emisión de C02 total de origen energético en Kg./año.**

Distribución de la emisión total de C02 en Kg/Año

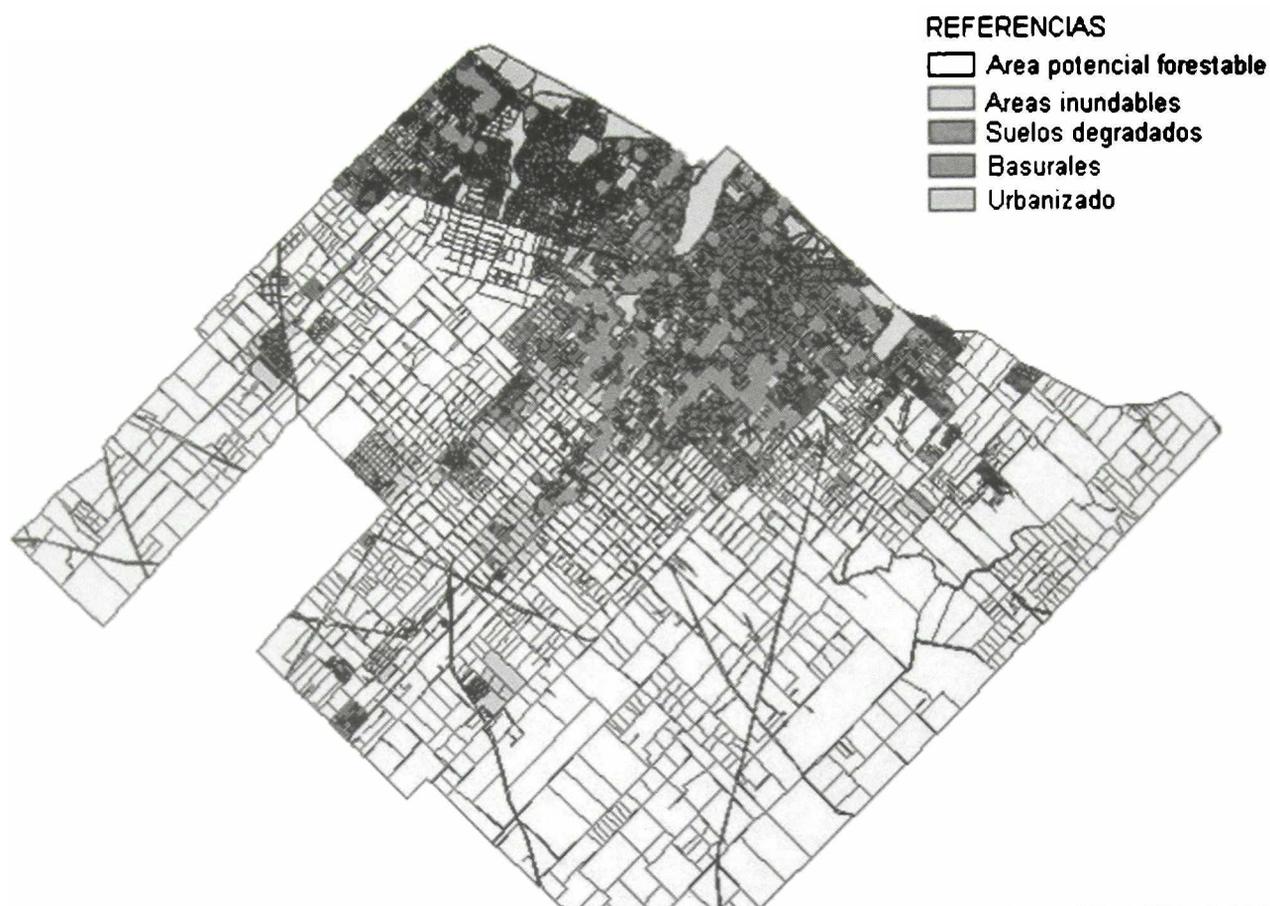


Fuente: elaboración propia.



Figura 5. Área potencial útil detectada para promover la forestación (escenario 2 de mitigación).

Discriminación de áreas según destinos del suelo



Fuente: elaboración propia.

Entre los resultados podemos mostrar los mapas de GIS, con los consumos totales con diferentes rangos de densidad energética. La figura 1 muestra la distribución en TEP/año. Se visualizan las áreas de mayor densidad según el grado de consolidación y los corredores de transporte principales. La figura 2, muestra la distribución y cuantificación de las emisiones de CO<sub>2</sub> en Kg./año producidas por la energía consumida en los sectores descriptos. La figura 3 muestra el detalle de las emisiones de CO<sub>2</sub> del sector transporte en los corredores principales de la región (Ravella, O. et al 2000). La integración de los resultados parciales permiten visualizar los sectores urbanos con alta contaminación.

En cuanto al escenario actual de mitigación, la figura 4, muestra los espacios verdes urbanos y suburbanos con poder de absorción de gases CO<sub>2</sub> en Kg./año y su consecuente fijación de carbono.

Para evaluar la capacidad de secuestro de carbono, se considera el balance anual de liberación y absorción de C de la tabla 2 (capacidad de absorción neta de 3.600 Kg /Ha. año de C, consi-

derando todas las especies relevadas, y el peso atómico del CO<sub>2</sub> de 44, distribuido en 12 de C y 32 de O); y el espacio forestado de la región (1130 Ha). De los cálculos surge:

$$\therefore \text{Absorción de C} \rightarrow 3600 \text{ Kg/hax} 1130,6 \text{ ha} = 4.070.196 \text{ KgC/año}$$

$$\therefore \text{Absorción de CO}_2 \text{ -} 4.070.196 \times 44\% \sim 12 = 14.924.052 \text{ KgCO}_2 \text{/año; } 14.9 \text{ MKgCO}_2 \text{/año}$$

Para dimensionar el grado de insustentabilidad urbana (considerando el aspecto energético), relacionamos las capacidades de absorción del medio natural (14.9 Mkg de CO<sub>2</sub> /año.) y las emisiones asociadas a los consumos energéticos urbanos (4.416 Mkg/año. de CO<sub>2</sub>).

Los valores obtenidos se resumen en la tabla 3, en la que se muestra un primer balance parcial de CO<sub>2</sub> de la región. En este análisis se determina por primera vez el *grado de insustentabilidad* del área en estudio, con un valor porcentual transitorio de 99,66% (100% - (Absorción/Emisión) x 100).

**Tabla 3. Grado de insustentabilidad del área en estudio (Partido de La Plata, Buenos Aires).**

Absorción de CO2 en MKg./año	Emisión de CO2 en MKg./año	Grado de Insustentabilidad (100-Absorción/Emisión x 100) %
14.9	4416,7	99,66

Fuente: elaboración propia.

En la medida que incorporemos otros consumos energéticos relacionados al complejo urbano, contaremos con una relación Absorción/Emisión definitiva. El valor obtenido refleja una interacción desproporcionada entre el espacio urbano y el ambiente natural, entablando un fuerte desequilibrio entre los «sistemas servidos» y los «sistemas sirvientes».

## Segundo escenario. Situación potencial

Para la evaluación del escenario 2, se analiza la absorción potencial de nuevos sumideros. Para tal fin se evalúa la disponibilidad de áreas a forestar, utilizando las especies que se tienen mejor adaptabilidad y en consecuencia la mejor relación tiempo-absorción. Se computa una superficie disponible de 58.484 ha en el partido de La Plata. La figura 5 muestra las áreas con disponibilidad, en las que se descartaron las zonas productivas, las inundables y/o que pertenecen al valle de inundación de las cuencas que desembocan en el río de La Plata, y a los sectores que fueron degradados como es el caso de las canteras (Cavas), suelos decapitados (extracción de la capa de humus) y basurales.

En cuanto a la disponibilidad de suelos forestables, para los mismos se consideraron las especies utilizadas en el balance de la tabla 2 ya que resultaron apropiadas en función de los nutrientes, nivel de fijación del carbono y tiempos de desarrollo. El destino de los nuevos sumideros debería responder a una estrategia integral consensuada entre el estado local, la producción y sus habitantes, estableciendo así un manejo ecuánime de dicho recurso de fijación de C. En el caso de un destino preferentemente productivo, existe una importante potencialidad del recurso, ya que de hecho los emprendimientos forestales con un

buen manejo en su gestión, permitirían mejorar y/o establecer emprendimientos industriales afines (construcción, muebles, papel, aserraderos, cajones, etc.), potenciando el interés fundamentalmente en las propiedades privados. Se debe aclarar que la provincia cuenta con industrias, cuyas materias primas provienen en general de regiones de producción forestal distantes. En este caso, si los destinos de la forestación fueran para su industrialización y utilización regional, deberíamos considerar que una vez iniciada la plantación, la superficie útil correspondería a la superficie potencial calculada durante un período anual de aproximadamente 10 años, con una tasa de fijación anual entre 21.9 y 12 Mg/ha año (coníferas y salicáceas), para los ejemplares juveniles. En cuanto al manejo de extracción para su procesamiento industrial, se debería establecer una tasa de rotación acorde a los tiempos de crecimiento de las especies y fijación de C, y la demanda de desforestación. Bajo esta hipótesis de beneficio y utilización productiva, se debe tener en cuenta que el suelo disponible útil para fijar C, se reduciría en relación a la tasa de rotación mencionada. Si se considera una tasa de 1/3 (1/3 en plantación, 1/3 en crecimiento y 1/3 en estado adulto para procesar), el suelo útil de fijación en este caso correspondería aproximadamente a 2/3 del potencial calculado.

En los términos planteados, para el segundo escenario, consideramos un planteo de fijación promedio de carbono C de 16.950 Kg /Ha. año de C (ejemplares juveniles); y una superficie potencial calculada en 34.900 ha (2/3 de la superficie potencial útil). De los cálculos surge:

$$.:Absorción\ de\ C \rightarrow 16.950\ Kg/ha \times 39.900\ ha = 591.555.000\ Kg\ C/año$$

$$.;Absorción\ de\ CO_2 \rightarrow 591.555.000 \times 44\% + 12 = 2.169.035.000\ Kg\ CO_2/año; 2.169\ MKg\ CO_2/año$$

**Tabla 4. Grado de insustentabilidad del área en estudio (Partido de La Plata, Buenos Aires).**

Absorción de CO2 en MKg./año	Emisión de CO2 en MKg./año	Grado de Insustentabilidad (100-Absorción/Emisión x 100) %
2169.035	4416,7	50.89

Fuente: elaboración propia.

Los valores obtenidos se resumen en la tabla 4, en la que se muestra el balance para el escenario potencial de la región.

Recordemos que en la medida que incorporemos el conjunto de sectores participantes, contaremos con una relación Absorción/Emisión definitiva. El valor obtenido, muestra una significativa recuperación, advirtiendo que independientemente de la utilización del recurso, la estrategia de «fijación biológica del carbono» podría revertir el estado actual de insustentabilidad, mejorando la relación entre los «sistemas servidos» y los «sistemas sirvientes». Debemos recordar que no se han implementado aún medidas de conservación y reducción de energía. Estas intervenciones mejorarían la relación entre absorción/emisión, mejorando el grado de insustentabilidad.

Si se incorporara en este análisis la dinámica climática, relacionada a la frecuencia de brisas predominantes, se pueden definir con mayor precisión las áreas con mayor demanda de absorción. Para la estación estival las brisas predominantes corresponden al sector N y E, y para el invernal los sectores NE, NO, S SE y SO. En consecuencia el sector evaluado como potencial cobraría un rol significativo como sumidero en ambas estaciones. Esta situación demuestra la necesidad de establecer pautas a nivel regional ya que las localidades y/o partidos vecinos, podrían entablar políticas de saneamiento comunes compensando así los desequilibrios de una región con respecto a otra.

El reconocimiento explícito del problema y su cuantificación, nos permite incorporarlo a nuestra problemática diaria, sin desconocer que la reacción de los diferentes ámbitos gubernamentales, todavía es incipiente. Entender la verdadera dimensión del problema, permitiría por un lado, mejorar la relación entre el medio y sus habitantes, y por el otro, emprender acciones que apuntan a dar soluciones verdaderas con el objeto de revertir las situaciones de crisis como las que se están experimentando en nuestra región (desocupación y contaminación). En este sentido las instituciones organizadas de nuestra región (principalmente las gubernamentales) deberían implementar mayores acciones y menos retórica, ya que existen en algunos casos, riesgos de irreversibilidad absoluta.

## Conclusiones

La instrumentación de metodologías convergentes de análisis nos ha permitido trabajar en el espacio urbano satisfactoriamente. La posibilidad de realizar estudios detallados por sectores y luego integrar la región desde un aspecto espacial, permite cualificar y cuantificar áreas con problemáticas homogéneas y superpuestas.

El análisis espacial de los índices y perfiles, en este caso de consumo-contaminación, nos permiten detectar y dimensionar áreas energointensivas con alto grado de compromiso. La instrumentación de las diferentes variables permitirán generar diagnósticos de situación relacionando diferentes requerimientos. La información calificada resultante nos permitirá inferir, a partir de la incorporación de los resultados individuales de cada sector, el estado de sustentabilidad, o lo que sería más preciso, el grado de insustentabilidad de la región en su conjunto. En la medida que se incorporen los balances de emisión y absorción de los diferentes sectores involucrados, se obtendrá el estado de situación ambiental regional. Este tipo de valoraciones una vez calificadas y calificadas, permitirán por un lado, generar acciones sobre cada sector con medidas específicas de corrección y por el otro evaluar la capacidad de sumideros naturales y artificiales de la región.

En cuanto al grado transitorio de insustentabilidad obtenido en este primer escenario de análisis, se observa un intercambio de flujos desproporcionado entre el espacio urbano y el ambiente natural, y refleja una encrucijada difícil de abordar en el marco del patrón de desarrollo actual. La no mitigación de los crecientes desequilibrios entre los «sistemas servidos» y los «sistemas sirvientes» nos llevarán a situaciones lindantes a la irreversibilidad, desnaturalizando el concepto de sustentabilidad.

En cuanto a la decisión de mitigar, se ha demostrado que existen posibilidades de revertir la situación a nivel regional (en este caso para el CO<sub>2</sub>). Para ello es necesario establecer estrategias múltiples en las que intervendría, no sólo la mitigación (ya que esta sola no es suficiente y depende de la disponibilidad y potencialidad de cada región), si no también, las estrategias relacionadas a la reducción y uso eficiente de los recursos críticos. Esta situación permitiría aportar mayores elementos a

los efectos de una verdadera concientización, con el objeto de poder implementar verdaderos cambios estructurales en los modelos de consumo actualmente depredatorios.

Es claro que el desarrollo y aplicación de metodologías abarcativas como la expuesta en este trabajo, nos permiten con respecto a la gestión urbana, elaborar diagnósticos acertados a

escala local y regional. Y en cuanto a la cualificación y cuantificación del problema, nos permite evaluar las acciones causantes de las patologías cotidianas de una ciudad y dimensionar en consecuencia las estrategias de mitigación. En síntesis, podemos evaluar con mayor veracidad el *grado de insustentabilidad* de una región y su verdadera posibilidad de revertir la situación.

## BIBLIOGRAFÍA

- Agosin, M. R., Tussie, D. (1992). *Globalization, regionalization and new dilemmas in trade policy development*. Buenos Aires: Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales (FLACSO).
- Aón, L., Discoli, C. A., Ravella, O., Olivera, H. (2000). Valoración de la emisión de contaminantes de origen energético en función de la densidad vehicular en centros urbanos intermedios. XI Congreso Panamericano de Ingeniería de Tránsito y Transporte, Gramado, Brasil.
- Argentina. Municipalidad de La plata (1996). *Árboles de la ciudad de La Plata*, 2, Secretaría de Gestión Pública, Subsecretaría de Planeamiento y Desarrollo Urbano. Dirección de Política Ambiental.
- Cantón, M. A., Cortegoso, J. L., De rosa, C. (2000). «Evaluación energética del bosque urbano: Desarrollo y puesta a punto de un método de análisis» (pp. 1, 13-17). En *Revista Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, 4, 1, ASADES.
- Cantón, M. A., De rosa, C., Kasperidus, H. (2003). «Sustentabilidad del bosque en el área metropolitana de la ciudad de Mendoza. Análisis y diagnóstico de la condición de las arboledas» (pp. 1, 29-34). En *Revista Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, 7, 1, ASADES.
- Cantón, M. A., Fernandez, J., Cortegoso, J. L., De rosa, C. (1995). «Modelo de determinación de la energía solar disponible en medios urbanos modificados por la presencia del arbolado» (pp. 6, 7-13). En *Actas de la 18 Reunión de Trabajo de la Asociación Argentina de Energía Solar*, 2, San Luis.
- Discoli, C. A. (2000). «Propuesta de indicadores y perfiles característicos relacionados al consumo de energía y emisiones de contaminantes en las redes edilicias del terciario». *VIII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construido*, Salvador de Bahía, ENTAC.
- Discoli, C. (2004). *Desarrollo de una metodología para el modelado de la situación energético-ambiental orientado al diagnóstico temprano en las aglomeraciones del Gran La Plata*. Proyecto PEI, N.º 6540, CONICET.
- (1998). *El diagnóstico de la gestión productiva-energético-ambiental de las redes territoriales del sector salud*. La Plata: Edulp.
- Discoli, C. A., San Juan, G. (1998). «Modelización de las redes del terciario en sus dimensiones edilicias, energéticas, y productivas. Determinación y comparación de perfiles característicos de comportamiento de los sectores salud y educación» (pp. 6, 17-20). En *Revista Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, 2, 2, ASADES.
- FUNDACIÓN BARILOCHE (FB) e Instituto de Economía Energética (idee) (1996). *Manual de cuentas patrimoniales*. México: Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA).
- Gallopin, G. C. (1993). *El futuro de nuestro planeta. Elementos de política ambiental*. La Plata: Honorable Cámara de Diputados de la Provincia de Buenos Aires.
- Goya, J. (2000). *Estimación de las emisiones de CO<sub>2</sub> producida por los cambios en el uso de la tierra provocados por el cultivo de plantaciones forestales en la Argentina*. La Plata: LISEA. Laboratorio de Investigación de Sistemas Ecológicos y Ambientales, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad Nacional de La Plata.

- Municipalidad de La Plata. (1996): *Árboles de la ciudad de La Plata (Segunda Parte)*. Libro 2, Secretaría de Gestión Pública, Subsecretaría de Planeamiento y Desarrollo Urbano. Dirección de Política Ambiental.
- Nussbaum, M. C., Sen, A. (comps.). (1996). *La calidad de vida*. México: Fondo de Cultura Económica.
- Olivier, S. R. (1993). *Elementos de política ambiental*. La Plata: Honorable Cámara de Diputados de la Provincia de Buenos Aires.
- Proyecto ARG/95/G/31 -PNUD- SECYT, ANEXO 14. (1997). *Cambio del uso de la tierra y silvicultura en la Argentina*. Contribución a las actividades humanas en las tierras forestales de Argentina al balance de dióxido de carbono atmosférico. Inventario de gases de efecto invernadero, Buenos Aires.
- Ravella, O., Aón, L., Olivera, H. (1994). *Origen y destino de viajes en la micro-región del Gran La Plata, Argentina*. La Plata: Universidad Nacional de La Plata-Municipalidad de La Plata.
- Ravella, O., Discoli, C., Aon, L., Olivera, H. (2000). «Emisión de contaminantes vehiculares de origen energético» (pp. 63-68). En *Revista Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, 4, 2, ASADES.
- Rosenfeld, E., Discoli, C., Czajkoski, J., San Juan, G., Ferreyro, C. (2000). «Consumo energético y URE en los sectores residencial y terciarios metropolitanos. La aglomeración del Gran La Plata» (pp. 7, 35-40). En *Revista Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, 4, 1, ASADES.
- Rosenfeld, E., Discoli, C. et al. (1997). *UREAM. Políticas de uso racional de la energía en el área metropolitana y sus efectos en la dimensión ambiental*. PIP, N ° 4717, CONICET.
- (1997). *UREAM II. Políticas de uso racional de la energía en el área metropolitana y sus efectos en la dimensión ambiental*. PICT98, SEPCyT 13-04116.