

# INDICADORES DE SUSTENTABILIDAD URBANA Y PERIURBANA:

Exploraciones metodológicas en Mar del Plata y el partido de  
General Pueyrredon.



Ma. Laura Zulaica y Mariana Gonzalez Insua (Editoras)  
*Prólogo de Dr. Roberto Fernández.*

# **Indicadores de sustentabilidad urbana y periurbana: Exploraciones metodológicas en Mar del Plata y el partido de General Pueyrredon**

María Laura Zulaica y Mariana Gonzalez Insua  
(Editoras)

## **Autores**

Cabral, Victoria  
Calderon, Gabriela  
Clinckspoor, Greta  
Díaz Varela, María José  
Gareis, María Cecilia  
Gonzalez Insua, Mariana  
Karis, Clara  
Lima, Lourdes  
Massone, Héctor  
Molpeceres, Celeste  
Mujica, Camila  
Romanelli, Asunción  
Tomadoni, Micaela  
Zulaica, María Laura



# **Indicadores de sustentabilidad urbana y periurbana: Exploraciones metodológicas en Mar del Plata y el partido de General Pueyrredon**

María Laura Zulaica y Mariana Gonzalez Insua  
(Editoras)

## **Autores**

Cabral, Victoria  
Calderon, Gabriela  
Clinckspoor, Greta  
Díaz Varela, María José  
Gareis, María Cecilia  
Gonzalez Insua, Mariana  
Karis, Clara  
Lima, Lourdes  
Massone, Héctor  
Molpeceres, Celeste  
Mujica, Camila  
Romanelli, Asunción  
Tomadoni, Micaela  
Zulaica, María Laura

Indicadores de sustentabilidad urbana y periurbana: exploraciones metodológicas en Mar del Plata y el partido de General Pueyrredon / María Laura Zulaica ... [*et al.*]; editado por María Laura Zulaica; Mariana Gonzalez Insua - 1<sup>a</sup> ed.- Mar del Plata: Universidad Nacional de Mar del Plata, 2021. Libro digital, PDF.

Archivo Digital: descarga y online

ISBN 978-987-544-988-6

1. Arquitectura . 2. Desarrollo Sustentable. 3. Hábitat Urbano. I. Zulaica, María Laura, ed. II. Gonzalez Insua, Mariana, ed.

CDD 720.47



Comité de Referato (OCA n° 1181/2021):

Dr. Juan Pablo Celemín

Arq. Inés Schmidt

Dra. Patricia Vazquez

Revisión de edición:

Arq. Adriana B. Olivera





# TERRITORIO Y SUSTENTABILIDAD

Roberto Fernández<sup>1</sup>

Territorio y sustentabilidad es una de las ecuaciones cruciales del presente problemático de la sustentabilidad urbana –ahora agravado por la pandemia- y del futuro razonable en cuanto a calidad de vida. Sabemos que la mayoría de los problemas ambientales urbanos son en realidad extraurbanos, o situables en las configuraciones territoriales más o menos extensas en que se instalan las ciudades, sobre todo en relación con servicios ambientales.

Este libro recoge un estado de las investigaciones de un grupo significativo de investigadores jóvenes y formados del IHAM referidas al análisis de las características y estado de sustentabilidad del soporte territorial urbano de Mar del Plata y su interfase urbano-rural en el municipio de General Pueyrredon.

Ofrece una articulación adecuada entre teoría del análisis de la sustentabilidad urbano-territorial y a la vez una verificación empírica en estudios de campo directamente situados en el territorio indicado y se organiza alrededor de diferentes estudios ligados al concepto de indicador de sustentabilidad (urbana y periurbana) entendible como descriptor objetivo cuanti-cualitativo de factores indicativos de tal sustentabilidad. Un conjunto adecuado e interactivo de tales indicadores puede ayudar a medir calidades (o deficiencias) de sustentabilidad, a modelar diagnósticos relacionados con expresiones específicas del estado de

---

<sup>1</sup> Profesor Emérito de la Universidad Nacional de Mar del Plata y ex Director del Instituto del Hábitat y del Ambiente (IHAM).

tal sustentabilidad y a proveer información científica para efectuar comparaciones de calidad de sustentabilidad con otros casos (*benchmarking*) y/o con referencias o umbrales acordados en el plano internacional (*como los objetivos de desarrollo sustentable*).

El libro compila además de los dos capítulos introductorios de las editoras, dos bloques de estudios, a saber el referido a *indicadores territoriales* –con cinco contribuciones de diverso énfasis o alcances, desde el examen de la huella ecológica o las infraestructuras ecológicas al modelado de SIG y el análisis multicriterio de contaminación de acuíferos, todo ello referido a evidencias directas del área de estudio- y el referido a indicadores de prácticas y procesos – con otros cinco trabajos menos espaciales o más ligados a análisis de desempeños o comportamientos, desde la discusión de indicadores de sustentabilidad para conjuntos habitativos VIS hasta consideraciones sobre los residuos electrónicos o sobre el desarrollo de mapas colectivos-.

Fuera de que cada capítulo expone resumidamente largas investigaciones que ofrecen resultados fruto de argumentaciones metodológicas sólidas y de comprobaciones empíricas de trabajo de campo, el libro en su conjunto revela un discurso integrado y adecuadamente expositivo del interés del IHAM por trabajar teóricamente en la cuestión de la sustentabilidad urbana, así como por realizar indagaciones específicas y metódicas sobre el territorio de Mar del Plata y su región.

# ÍNDICE

<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	
<i>María Laura Zulaica</i>	11
<b>2. ÁREAS DE ESTUDIO Y OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE (ODS)</b>	
<i>Mariana Gonzalez Insua</i>	19
<b>SECCIÓN TERRITORIAL</b>	33
<b>3. LA HUELLA ECOLÓGICA, UN INDICADOR INTEGRADO CON FLEXIBILIDAD TERRITORIAL</b>	
<i>María Cecilia Gareis</i>	35
<b>4. SIMULACIÓN DE LA EXPANSIÓN URBANA MEDIANTE TECNOLOGÍAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA</b>	
<i>Camila Mujica</i>	47
<b>5. UN ÍNDICE SINTÉTICO CON ALCANCE TERRITORIAL</b>	
<i>María Laura Zulaica y Micaela Tomadoni</i>	65
<b>6. INDICADORES AMBIENTALES Y TECNOLOGÍAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA APLICADOS A LA INFRAESTRUCTURA ECOLÓGICA</b>	
<i>Clara María Karis</i>	83
<b>7. EVALUACIÓN MULTICRITERIO APLICADA AL RIESGO DE CONTAMINACIÓN DE ACUÍFEROS.</b>	
<i>Gabriela Calderon, María Lourdes Lima, Asunción Romanelli y Héctor E. Massone.</i>	101

<b>SECCIÓN PRÁCTICAS Y PROCESOS</b>	<b>119</b>
8. LA INCIDENCIA DE LA VALORIZACIÓN DE RECICLABLES EN TÉRMINOS BIOFÍSICOS <i>Mariana Gonzalez Insua</i>	121
9. SUSTENTABILIDAD EN LA PRODUCCIÓN HORTÍCOLA <i>Celeste Molpeceres</i>	138
10. INDICADORES DE SUSTENTABILIDAD PARA LA VIVIENDA SOCIAL <i>Micaela Tomadoni y María José Díaz Varela</i>	153
11. MEDICIÓN DE LOS IMPACTOS SOCIALES DE LOS RESIDUOS ELECTRÓNICOS <i>Greta Clinckspoor</i>	181
12. REFLEXIONES METODOLÓGICAS SOBRE LA REALIZACIÓN DE MAPAS COLECTIVOS <i>Victoria Cabral</i>	193



---

# 1. INTRODUCCIÓN

María Laura Zulaica<sup>2</sup>

La evaluación de la sustentabilidad adquiere un reconocimiento cada vez mayor como una herramienta importante para avanzar hacia los objetivos ecológicos, sociales, económicos y políticos del desarrollo sustentable.

Existe una amplia variedad de herramientas para evaluar la sustentabilidad, entre ellas, los indicadores e índices desempeñan un papel clave en el diagnóstico del progreso hacia el desarrollo sustentable. Los esfuerzos de las organizaciones nacionales e internacionales en desarrollar modelos de indicadores e índices para evaluar y medir las dimensiones del desarrollo sustentable recibieron gran impulso tras la adopción de la Agenda 21 en la Cumbre de la Tierra en 1992 (UN, 1992). El Capítulo 40 de la Agenda solicita específicamente a los países y organizaciones gubernamentales y no gubernamentales internacionales la adopción de indicadores de sostenibilidad aplicables a distintos ámbitos y escalas territoriales (Kwatra *et al.*, 2016).

En su conceptualización, el desarrollo sostenible busca establecer un equilibrio entre las necesidades de las generaciones actuales y futuras. Desde el Informe de la Comisión Brundtland (WCED, 1987), los países han comenzado a definir

---

<sup>2</sup> Dra. en Geografía, Magister y Especialista en Gestión Ambiental, Licenciada en Diagnóstico y Gestión Ambiental. Investigadora Adjunta del CONICET, IHAM, FAUD UNMdP.

---

objetivos y prioridades para alcanzar este desarrollo, considerando sus necesidades y aspiraciones nacionales.

Aunque se trata de un concepto aceptado y difundido internacionalmente, hay un reconocimiento de que está cargado de una fuerte versatilidad y ambigüedad (Reboratti, 2000; Gallopín, 2003) que dificultan el análisis de situaciones concretas y el diseño de políticas de intervención.

En un intento por sortear esas dificultades, varios autores han realizado esfuerzos por sintetizar las características que debe contener el desarrollo sustentable, considerando distintas dimensiones: ecológica; económica; sociocultural y política (Guimarães, 2003; Mori y Christodoulou, 2012; Braulio-Gonzalo *et al.*, 2015). Cada una de ellas, aporta a la lectura de la sustentabilidad desde múltiples perspectivas que revelan el carácter integral que resume concepto.

Los alcances conceptuales se profundizan en los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), definidos en la Cumbre para el Desarrollo Sostenible celebrada en 2015. En dicha Cumbre, los Estados Miembros de la Organización de las Naciones Unidas (ONU) aprobaron la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible tendiente a disminuir la pobreza, luchar contra la desigualdad y la injusticia y hacer frente al cambio climático. Estos objetivos constituyen los desafíos más apremiantes de nuestro tiempo (Wood *et al.*, 2018) y comprender sus interacciones puede ayudar a priorizar las opciones de políticas efectivas y eficientes; de ahí, la importancia de medir los objetivos de progreso hacia el desarrollo sustentable (Reyers *et al.*, 2017).

La ciudad de Mar del Plata, localizada en el partido de General Pueyrredon, Argentina, enfrenta el desafío de alcanzar metas de sustentabilidad. Excluyendo los partidos pertenecientes a la Región Metropolitana de Buenos Aires, la ciudad es el segundo centro de importancia demográfica de la provincia de Buenos

---

Aires. En virtud de ello, se considera importante avanzar en la evaluación de la sustentabilidad urbana y periurbana a través de distintas metodologías.

Existen investigaciones que dan cuenta del desarrollo y construcción de indicadores e índices desde distintos enfoques, aplicados al partido de General Pueyrredon y la ciudad de Mar del Plata, cuyas estrategias metodológicas debieran reunirse y sistematizarse. Ese es el propósito del libro que, centrado en los aspectos metodológicos, da cuenta de los aportes existentes en la construcción y evaluación de la sustentabilidad mediante indicadores e índices.

Así, los indicadores e índices de sustentabilidad constituyen instrumentos teóricos, pero sobre todo metodológicos que contribuyen a la toma de decisiones hacia objetivos previstos. La evaluación de la sustentabilidad mediante estos instrumentos aporta información relevante y sintética para definir estrategias de planificación, para analizar, evaluar y monitorear impactos, para comunicar aspectos que inciden en la sustentabilidad territorial o de prácticas y procesos, para generar propuestas hacia objetivos de desarrollo sustentable.

## **ALCANCES DEL LIBRO**

El presente libro surge como una iniciativa del Instituto del Hábitat y del Ambiente (IHAM), de la Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Diseño (FAUD) de la Universidad Nacional de Mar del Plata (UNMdP) en el marco del Proyecto titulado “INDICADORES DE SUSTENTABILIDAD URBANA Y AMBIENTAL: APLICACIONES EN EL PARTIDO DE GENERAL PUEYRREDON Y EN EL CENTRO-SUR BONAERENSE” dirigido por la Dra. María Laura Zulaica y codirigido por la Dra. Mariana Gonzalez Insua.

Pretende divulgar investigaciones realizadas en el ámbito del IHAM que implican la construcción y evaluación de indicadores e índices de sustentabilidad urbana y periurbana aplicados a Mar del Plata y al partido de General Pueyrredon, centradas en los aportes metodológicos. En ese sentido, se

---

considera que los aportes metodológicos pueden aplicarse y transferirse a otros contextos y ámbitos territoriales. En relación con ello, el libro se centra en aportes metodológicos y presenta una estructura particular en el diseño de sus capítulos. En la organización, se responden preguntas específicas que dan lugar a cada apartado, siendo el esquema común para todos los capítulos. Los resultados obtenidos en el marco de las distintas “exploraciones metodológicas”, en su mayor parte, han sido publicados en revistas o eventos científicos.

## LA EVALUACIÓN DE LA SUSTENTABILIDAD

Entre las principales aplicaciones de la evaluación, Dizdaroglu (2015) destaca: 1) su contribución a la planificación estratégica y a la toma de decisiones para gobiernos, organizaciones internacionales y no gubernamentales; 2) la información brindada para analizar, evaluar y monitorear impactos; 3) la facilidad de comunicar el estado del ambiente y otros temas específicos; y 4) la capacidad para generar conciencia acerca de los problemas del desarrollo sustentable.

Mori y Christodoulou (2012) mencionan que el objetivo central de la evaluación de la sustentabilidad es proporcionar a los responsables de la toma de decisiones una valoración de los sistemas globales y locales que expresan la integración entre la naturaleza y la sociedad en el corto y largo plazo, a fin de definir acciones para alcanzar una sociedad sustentable. Además, los autores destacan que esta evaluación proporciona el marco básico de criterios a considerar: integridad de los sistemas ecológicos; equidad intra e intergeneracional; mantenimiento y eficiencia económica; gobernabilidad democrática, precaución y adaptación; entre otros. De esta manera, como fue adelantado, los indicadores e índices constituyen herramientas útiles para contribuir a la evaluación de la sustentabilidad interpretada desde un enfoque multidimensional.

Desde el punto de vista operativo, un indicador es una variable que describe características del estado de un sistema a través de datos observados o

---

estimados. Por su parte, un índice es una agregación cuantitativa de muchos indicadores que proporciona una visión simplificada, coherente y multidimensional de un sistema (Mayer, 2008).

En términos conceptuales, los indicadores pueden ayudar a aprender, entender y estructurar la definición de políticas y la interpretación de tendencias para encontrar soluciones a problemas clave que inciden en la sustentabilidad. Tradicionalmente, los indicadores de sustentabilidad se dividen en dos grupos opuestos: aquellos centrados en un enfoque "técnico" u "orientado a expertos" y los que asumen un enfoque "participativo" u "orientado al ciudadano" (Holden, 2013). Más recientemente, varios autores han argumentado la convergencia teórica y práctica de estos dos enfoques (Reed *et al.*, 2006; Rametsteiner *et al.*, 2011).

En este contexto, la selección de indicadores relevantes desde la convergencia de distintos enfoques se considera fundamental para monitorear la implementación de las políticas de sustentabilidad y proporcionar las retroalimentaciones necesarias para lograr objetivos de desarrollo sustentable (Shen *et al.* 2011). En relación con ello, se espera que el presente libro pueda aportar insumos para avanzar hacia la integración de enfoques.

## IMPORTANCIA DE LA EVALUACIÓN

La evaluación de la sustentabilidad en sus distintas dimensiones (ecológica, social y cultural, económica y política) se considera fundamental para garantizar el desarrollo económico, la equidad social y la protección ambiental de territorios. En este contexto, los indicadores e índices de sustentabilidad permiten estudiar y conocer la relación muchas veces problemática entre la Sociedad y la Naturaleza, y su elaboración, aplicación y análisis constituye uno de los primeros pasos para aportar soluciones a los conflictos resultantes de esa compleja interacción.

---

La complejidad inherente de este vínculo se traslada a las variables dado que en muchos casos directamente no existen, son difíciles de acceder o las fuentes están dispersas entre distintos organismos. La información ambiental y relativa a la sustentabilidad no es homogénea y esta particularidad también se traslada a la escala de análisis. Así, es posible observar indicadores e índices que cumplen los criterios de calidad en una determinada escala y no en otra, dificultando la integración de la información. Consiguientemente, un análisis que requiere de indicadores e índices debe buscar un compromiso entre la escala de análisis, la disponibilidad de información y los recursos existentes.

En otras situaciones la información provista está presente en escalas que no resultan apropiadas o no son compatibles. Esta particularidad se hace presente principalmente al tratar de combinar variables naturales y ambientales con otras de índole socioeconómico.

Además, los indicadores e índices expresados en escalas generales pueden “oscurecer” considerablemente las potenciales heterogeneidades que se suelen manifestar los niveles locales. Así, las variables naturales y ambientales tienden a distribuirse en el espacio en forma altamente desagregada e independiente de la distribución de los datos sociales y económicos, que normalmente son presentados a la escala de las divisiones político-administrativas discretas (por ejemplo: partidos, provincias, entre otros). Por ello, el análisis de la sustentabilidad de áreas urbanas y de interfaz urbano-rural, requiere llevar la información a un nivel de desagregación compatible a fin de efectuar comparaciones válidas. Esto motiva la importancia de divulgar los resultados obtenidos en el marco de diferentes estudios, con clave metodológica.

## NIVELES DE ANÁLISIS DE LAS SECCIONES DEL LIBRO

De acuerdo con Yigitcanlar *et al.* (2015) existen numerosos modelos disponibles para medir y evaluar la sustentabilidad, que enfocan su análisis en una escala específica. En función de ello, las experiencias existentes en Mar del Plata y el

---

partido de General Pueyrredon aportadas por el presente libro, se agrupan en dos niveles de análisis: 1) indicadores e índices enfocados en una escala territorial e 2) indicadores e índices enfocados en prácticas y procesos. Estos niveles conforman las dos secciones en las que se organiza el libro.

En la escala territorial, los antecedentes reunidos dan cuenta de la evaluación de la sustentabilidad de territorios entendidos como el conjunto de sistemas naturales más los elementos históricos materiales sobrepuestos por las sociedades (Santos, 2000). Las transformaciones que sufren los territorios pueden ser interpretadas en términos de sustentabilidad considerando distintas dimensiones de análisis que permiten profundizar en el conocimiento de metodologías que dan cuenta de esas trayectorias, dinámicas y sus conflictos. Por otra parte, la escala de prácticas y procesos se enfoca en criterios de evaluación no para un territorio sino para intervenciones específicas aplicadas a la gestión de aspectos particulares que indiquen en la sustentabilidad.

Esperamos que las experiencias aquí reunidas aporten nuevos interrogantes metodológicos para contribuir con el desarrollo de herramientas que permitan poner en práctica objetivos de sustentabilidad en el territorio y prácticas locales.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Braulio Gonzalo, M., Bovea, M. D. & Ruá, M. J. (2015). Sustainability on the urban scale: Proposal of a structure of indicators for the Spanish context. *Environmental Impact Assessment Review*, 53: 16-30.
- Dizdaroglu, D. (2015). Developing micro-level urban ecosystem indicators for sustainability assessment. *Environmental Impact Assessment Review*, 54: 119-124.
- Guimarães, R. (2003). *Tierra de sombras: desafíos de la sustentabilidad y del desarrollo territorial y local ante la globalización corporativa*, N° 67. Santiago de Chile: CEPAL.
- Holden, M. (2013). Sustainability indicator systems within urban governance: Usability analysis of sustainability indicator systems as boundary objects. *Ecological Indicators*, 32: 89-96.

- 
- Kwatra, S., Kumar, A., Sharma, P., *et al.* (2016). Benchmarking sustainability using indicators: An Indian case study. *Ecological Indicators*, 61: 928-940.
- Mayer, A. L. (2008). Strengths and weaknesses of common sustainability indices for multidimensional systems. *Environ. Int.*, 34 (1): 277-291.
- Mori, K. & Christodoulou, A. (2012). Review of sustainability indices and indicators: Towards a new City Sustainability Index (CSI). *Environmental Impact Assessment Review*, 32: 94-106.
- Rametsteiner, E., Püzl, H., Alkan-Olsson, J. & Frederiksen, P. (2011). Sustainability indicator development - science or political negotiation? *Ecological Indicators*, 11: 61-70.
- Reboratti, C. (2000). *Ambiente y sociedad: conceptos y relaciones*. Buenos Aires: Editorial Planeta Argentina.
- Reed, M. S., Fraser, E. D. & Dougill, A. J. (2006). An adaptive learning process for developing and applying sustainability indicators with local communities. *Ecol. Econ.*, 59(4): 406-418.
- Reyers, B., Stafford-Smith, M., Heinz Erb, K., *et al.* (2017). Essential Variables help to focus Sustainable Development Goals monitoring. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 26-27: 97-105.
- Santos, M. (2000). *La naturaleza del espacio; Técnica y tiempo; Razón y Emoción*. Barcelona: Editorial Ariel S. A.
- Shen, L. Y., Ochoa, J. J., Shah, M. N. & Zhang, X. (2011). The application of urban sustainability indicators—a comparison between various practices. *Habitat International*, 35: 17-29.
- UN (1992). *Earth Summit Agenda 21 – The United Nations Programme of Action from Rio*. UN Department of Economic and Social Affairs.
- WCED (1987). *Our Common Future. The World Commission on Environment and Development*. Oxford: Oxford University Press.
- Wood, S. L. R., Jones, S. K., Johnson, J. A., *et al.* (2018) Distilling the role of ecosystem services in the Sustainable Development Goals. *Ecosystem Services*, 29: 70-82.
- Yigitcanlar, T., Dur, F., & Dizdaroglu, D. (2015) Towards prosperous sustainable cities: A multiscale urban sustainability assessment approach. *Habitat International*, 45: 36

---

## 2. Áreas de estudio y Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)

Mariana Gonzalez Insua <sup>3</sup>

Mar del Plata es la ciudad cabecera del partido de General Pueyrredon y el segundo centro de importancia demográfica de la provincia de Buenos Aires. Dentro del Partido, se destacan además localidades como El Marquesado, Chapadmalal, El Boquerón, Santa Paula, Sierra de los Padres, La Peregrina, Estación Camet, El Casal y la ciudad de Batán (Figura 1).

En términos poblacionales, la ciudad de Mar del Plata ocupa el octavo lugar dentro de los 15 aglomerados urbanos<sup>4</sup> de mayor tamaño de Argentina (Ferraro *et al.*, 2013). Los datos de 2016 dan cuenta de una población que alcanza los 610.909 habitantes (Mar del Plata Entre Todos, 2018) y se encuentra dentro de los 7 aglomerados urbanos entre 500.000 y 1.000.000 habitantes junto al Gran Tucumán (880.223), Gran La Plata (860.385), Salta (610.089), Gran Santa Fe (519.469) y Gran San Juan (500.131) (Sabuda, 2018). Debido a su extensión y cantidad de habitantes, constituye la tercera urbanización de la Provincia. Asimismo, ya que alberga el 95% de los habitantes del Partido, actúa como concentradora de actividades, bienes y servicios de la población total (Ares y Mikkelsen, 2015).

---

<sup>3</sup> Doctora en Ciencias Sociales y Humanas, Diseñadora Industrial. Becaria posdoctoral en Temas Estratégicos del CONICET, IHAM, FAUD UNMdP.

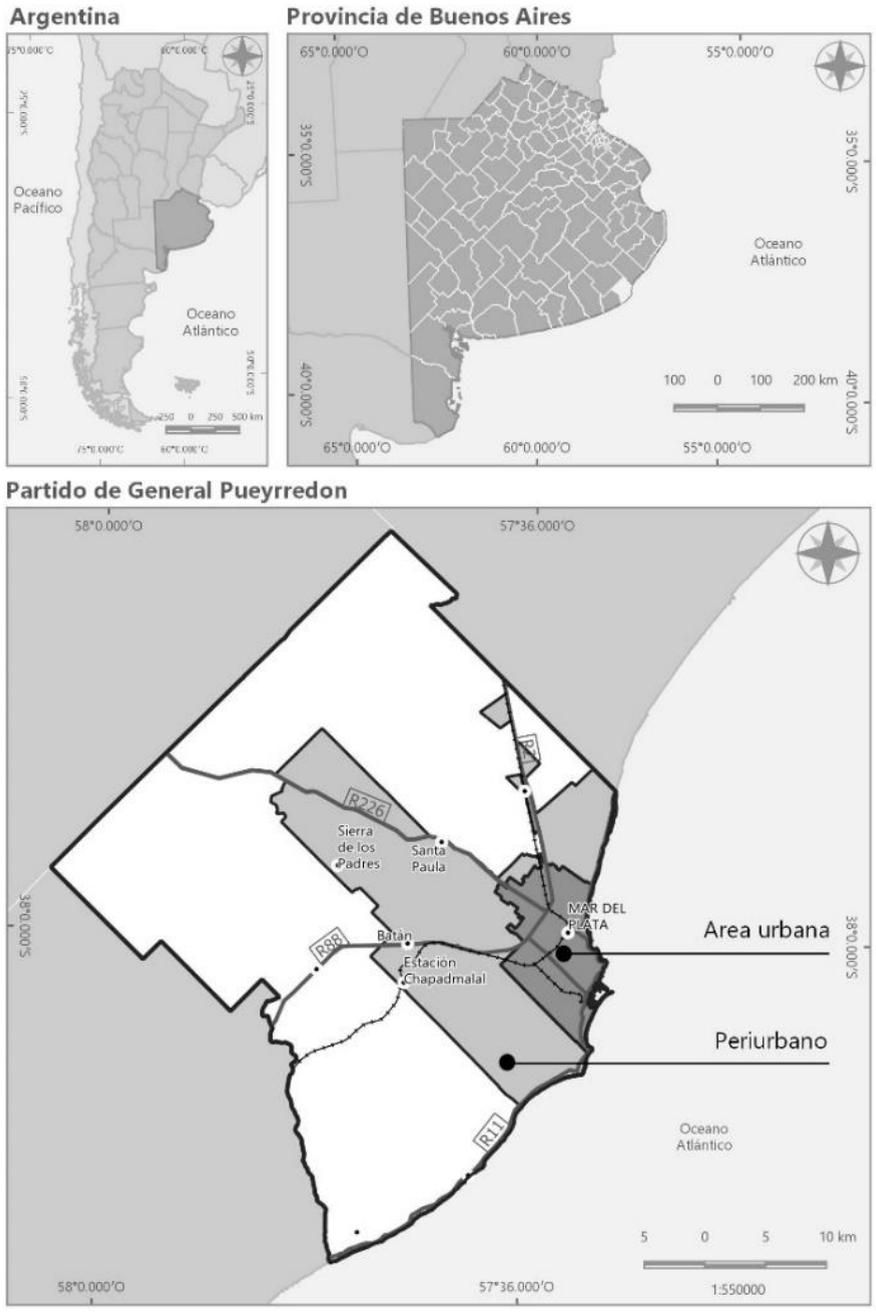
<sup>4</sup> Aglomerado urbano es aquella zona urbana que se extiende sobre dos o más áreas político-administrativas, sean ellas jurisdicciones de primer orden (provincias), de segundo orden o áreas de gobierno local (partidos/municipios).

---

La ciudad de Mar del Plata posee un marcado perfil turístico que la constituye como uno de los principales centros de veraneo en Argentina, ya que incorpora un gran número de población turística (84.338 turistas pernoctando por día para el año 2015 según la MGP). Esta población turista, cobra relevancia tanto en la gestión de RSU, como en la provisión de otros bienes y servicios, ya que su incremento ejerce una presión adicional a la demanda local que debe ser abastecida (Gareis y Ferraro, 2014). Además de las actividades turísticas, las actividades pesqueras, el sector textil, hortícola alimentario, minero e industrial son de relevancia en la ciudad y el partido (Gareis y Ferraro, 2014).

El área periurbana de la ciudad, por su parte, se trata de un territorio de interfaz urbano-rural, que se constituye como lugar de residencia de sectores sociales con alto poder adquisitivo, de sectores marginales con problemáticas sociales y ambientales complejas, en articulación con actividades agropecuarias intensivas, extractivas (minería), industriales o de disposición de residuos. En cuanto a su extensión, la misma es de aproximadamente 35.000 ha, y presenta, además, un importante crecimiento demográfico del 41,2% en el periodo entre 2001 y 2010 (Zulaica y Celemin, 2014).

Las experiencias que se presentan en este libro dan cuenta del desarrollo y construcción de indicadores e índices que, como se describió en el capítulo anterior, presentan dos niveles de análisis; uno a escala TERRITORIAL, en donde se desarrollan indicadores e índices aplicados a diversas escalas espaciales al interior del Partido y otro a nivel de PRÁCTICAS Y PROCESOS, en donde los mismos son aplicados a diversas intervenciones relacionadas con la gestión de determinados aspectos que inciden en la sustentabilidad. En este sentido, ambas secciones convergen desde distintos enfoques que resultan relevantes en la evaluación y monitoreo de la sustentabilidad en sus distintas dimensiones (ecológica, social, cultural, política y/o económica).



**Figura 1.** Partido de General Pueyrredon, localidades y área urbana y periurbana.

**Fuente:** Elaboración propia.

---

Los indicadores, toman diversas escalas de análisis dentro del partido de General Pueyrredon (Figura 2). A escala territorial y a nivel Partido se presentan, por un lado, el análisis de la huella ecológica del PGP como indicador biofísico del metabolismo urbano y, por el otro, la simulación de la expansión urbana mediante Tecnologías de Información Geográfica (capítulos 3 y 4). Asimismo, en la misma escala territorial, desde la sección de prácticas y procesos, se encuentra el estudio de la incidencia de la valorización de reciclables en términos biofísicos (capítulo 8).

En un territorio de menor extensión, tomando como objeto de estudio la ciudad de Mar del Plata, tanto en su área urbana como su área periurbana, se presentan, por un lado, la construcción de indicadores e índices de sustentabilidad aplicados a esta área de estudio (capítulo 5) y, por el otro, la propuesta de indicadores ambientales y tecnologías de información geográfica aplicados a la infraestructura ecológica (capítulo 6). En este último caso, se incorpora al área urbana y área periurbana en estudio, los barrios localizados sobre la ruta 11 en dirección al eje sur (Figura 2). Por su parte, el Modelo de decisión multicriterio para la evaluación del riesgo de contaminación de acuíferos (capítulo 7), toma como área de estudio la zona serrana del Partido, que se vincula fuertemente a la ciudad a través de la Ruta Nacional N° 226, y que constituye el 30,12% de área periurbana de la ciudad de Mar del Plata.

Por su parte, dentro de la escala de prácticas y procesos que tiene como área de estudio el sector periurbano, el estudio de la sustentabilidad en la producción hortícola (capítulo 9) toma el cinturón hortícola del partido de General Pueyrredon, que se ubica en parte dentro del periurbano de Mar del Plata y en parte en el corredor costero sur de la ciudad (Figura 2). En una extensión menor, el abordaje de indicadores de sustentabilidad para la vivienda social (capítulo 10) tiene como área de estudio 3 barrios específicos: Don Emilio, El Martillo y Las Heras. Asimismo, tomando a la Universidad Nacional de Mar del Plata bajo el concepto de Mina Urbana Distintiva (MUD), el estudio de los impactos sociales

---

de los residuos electrónicos (capítulo 11) se efectúa en diversas Unidades Académicas dentro de la universidad. Finalmente, las Reflexiones metodológicas sobre la realización de mapas colectivos (capítulo 12), sistematizan y comunican experiencias realizadas desde distintas áreas de estudio, promoviendo un enfoque participativo en el diagnóstico de problemas que afectan la sustentabilidad.

La Figura 2 grafica las áreas de estudio abordadas por los diversos índices e indicadores que se proponen en los capítulos del presente libro.

## LA ESTRUCTURA DEL LIBRO

Como fue adelantado, el libro se divide en dos secciones: territorial y prácticas y procesos. La primera sección, denominada *TERRITORIAL*, abarca los capítulos 3 al 7. En la misma se desarrollan indicadores e índices aplicados a diversas escalas territoriales dentro del PGP.

El capítulo 3, ***La Huella Ecológica, un indicador integrado con flexibilidad territorial***, presenta desde la perspectiva de Economía Ecológica, una experiencia metodológica de evaluación de la apropiación de materia y energía de la población que habita y visita la ciudad de Mar del Plata y el partido de General Pueyrredon, y de análisis de la absorción de emisiones y residuos que ésta genera con base en el año 2010.

El capítulo 4, ***Simulación de la expansión urbana mediante Tecnologías de Información Geográfica***, desde una perspectiva de la Geografía aplicada a la solución de problemas prácticos, particularmente de la modelización de fenómenos complejos basados en autómatas celulares, propone simular el proceso expansión urbana de la ciudad de Mar del Plata y predecir su evolución mediante la implementación de Tecnologías de Información Geográfica.

---

### Partido de General Pueyrredon (PGP)

Capítulo 3  
Capítulo 4  
Capítulo 8  
Capítulo 9

### Área serrana del PGP

Capítulo 7

### Barrios Don Emilio, El Martillo y Las Heras.

Capítulo 10



### Universidad Nacional de Mar del Plata

Capítulo 11

### Mar del Plata

Capítulo 12

### Área urbana y periurbana

Capítulo 5

### Área urbana y periurbana + Sector sur

Capítulo 6

**Figura 2.** Áreas de estudio.

**Fuente:** Elaboración propia.

y periurbana de Mar del Plata con el objetivo de evaluar la sustentabilidad urbana y ambiental en estos dos espacios y establecer comparaciones. Para ello, construye un índice sintético tomando como referencia los temas e indicadores propuestos en la Iniciativa Ciudades Emergentes y Sostenibles (ICES) del Banco Interamericano de Desarrollo en la que se integra Mar del Plata en 2012.

El capítulo 6, *Indicadores ambientales y tecnologías de información geográfica aplicados a la infraestructura ecológica*, desde el marco conceptual de la Infraestructura verde (IE), presenta un conjunto de indicadores para evaluar la Infraestructura Ecológica (IE) de la ciudad de Mar del Plata.

---

Finalmente, el capítulo 7, ***Modelo de decisión multicriterio para la evaluación del riesgo de contaminación de acuíferos***, desde la perspectiva del riesgo, evalúa el riesgo de contaminación del agua subterránea en un área de interfase urbano-rural de la ciudad de Mar del Plata mediante el uso de herramientas de análisis de decisión multicriterio. Presenta un modelo que combina la peligrosidad de contaminación del acuífero y la vulnerabilidad social de la población expuesta y establece áreas prioritarias para la gestión del agua subterránea y recomendaciones para minimizar dicho riesgo en el sector periurbano oeste.

La segunda sección, denominada ***PRÁCTICAS Y PROCESOS***, abarca los capítulos 8 al 12. Esta sección presenta el desarrollo de indicadores e índices aplicados a intervenciones específicas en relación con la gestión de aspectos determinados que indiquen en la sustentabilidad, como son la gestión de residuos sólidos urbanos y electrónicos, que tienen su mayor incidencia en el área urbana, como así también de prácticas productivas y constructivas especialmente en el periurbano marplatense.

En el capítulo 8, ***La incidencia de la valorización de reciclables en términos biofísicos***, expone desde la perspectiva de la Economía Ecológica, la construcción de indicadores aplicados a la evaluación de la incidencia de la valorización de Residuos Sólidos Urbanos (RSU) reciclables en la sustentabilidad urbana. Para ello, se construye una metodología entorno a la Huella Ecológica (HE), particularmente a la subhuella de papel y cartón y la subhuella de residuos.

En el capítulo 9, ***Sustentabilidad en la producción hortícola***, se triangulan nociones propuestas metodológicas específicas y se expone una nueva tendiente a la construcción de indicadores aplicables a las experiencias agroecológicas con el fin de estimar el aporte de las prácticas implementadas a la sustentabilidad del sistema hortícola.

---

En el capítulo 10, **Indicadores de sustentabilidad para la vivienda social**, se expone desde la perspectiva de sustentabilidad, una metodología de evaluación de la sustentabilidad en conjuntos de vivienda social, a nivel de proyecto arquitectónico. Para ello, se establecen indicadores posibles de emplear a casos de vivienda social unifamiliar agrupada en la ciudad de Mar del Plata, que se organizan en tres ejes de análisis: Implantación y Emplazamiento, Proyecto y Participación, Desempeño de la envolvente y Tecnología.

En el capítulo 11, **Medición de los impactos sociales de los residuos electrónicos**, se presenta un sistema de indicadores de sustentabilidad que permite identificar los impactos sociales de los aparatos y de los Residuos Electrónicos vinculados a las Tecnologías de Información y Comunicación (RE-TIC) desde la perspectiva los consumidores. Los indicadores aportados, contribuyen a identificar aspectos críticos, positivos y negativos, en pos de establecer una gestión socio ambiental sustentable de los RE-TIC en una “Mina Urbana Distintiva (MUD)”.

Finalmente, el capítulo 12, **Reflexiones metodológicas sobre la realización de mapas colectivos**, retoma y expone experiencias realizadas en el marco de la extensión universitaria, presentando, a modo de caja de herramientas, aspectos que favorecen la realización de cartografías sociales durante el proceso de elaboración de indicadores.

## RELACIÓN CON LOS ODS

Los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), constituyen los desafíos más apremiantes de nuestro tiempo (Wood *et al.* 2018) y comprender sus interacciones puede ayudar a priorizar las opciones de políticas efectivas. La evaluación de la sustentabilidad mediante índices e indicadores aporta información relevante y sintética para definir estrategias de planificación, para analizar, evaluar y monitorear impactos. Asimismo, aporta información para comunicar aspectos que inciden en la sustentabilidad territorial o de prácticas y

---

procesos, y de esa manera contribuyen a la generación de propuestas hacia los ODS.

Los indicadores e índices presentados en la sección territorial se encuentran fuertemente vinculados con la gestión ambiental urbana y el desarrollo territorial, y particularmente al objetivo de **Ciudades y Comunidades Sostenibles** (ODS 10), tendiente a lograr ciudades y asentamientos humanos inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles (Tabla 1). En el caso del *Modelo de decisión multicriterio para la evaluación del riesgo de contaminación de acuíferos* (capítulo 7) se vincula conjuntamente con el objetivo de **Agua limpia y saneamiento** (ODS 6) tendiente a garantizar la disponibilidad y la gestión sostenible del agua y el saneamiento para todos.

A continuación, se describe de qué manera contribuyen a los respectivos ODS:

- La Simulación de la expansión urbana presentada (capítulo 4), apunta a disminuir el crecimiento urbano incontrolado, desintegrado y desconectado, revalorizando el espacio físico peatonal y de las infraestructuras verdes y azules. En vinculación con el desarrollo urbano-territorial, la comprensión de las tendencias de expansión busca contribuir a explicar las consecuencias de las acciones y políticas y fortalecer el diseño de herramientas e instrumentos que permitan una planificación sostenible de las ciudades;
- El índice sintético (capítulo 5), propone evaluar de manera comparativa la sustentabilidad urbana y ambiental en el área urbana y periurbana en base a indicadores de desempeño. El mismo brinda un diagnóstico de la situación, que permite visualizar las diferencias entre el área urbana y periurbana;
- Los indicadores ambientales y tecnologías de información geográfica aplicados a la Infraestructura Ecológica (capítulo 6) se relacionan con el acceso universal a zonas verdes y espacios públicos seguros, inclusivos y

accesible. Contribuyen a la gestión sustentable de la Infraestructura verde, a valorar los servicios ofrecidos por esta infraestructura y de este modo, generar la información necesaria para elaborar estrategias de gestión sustentable de los mismos; y

- El modelo de decisión multicriterio para la evaluación del riesgo de contaminación de acuíferos se vincula tanto al ODS 6, tendiente a garantizar la disponibilidad y la gestión sostenible del agua y el saneamiento para todos, como al ODS 11. Contribuye a la generación de información soporte para la toma de decisiones espaciales, para estructurar problemas de decisión relacionados con sistemas biofísicos y socioeconómicos, así como para diseñar, evaluar y priorizar decisiones alternativas.

**Tabla 1.** Relación de los indicadores Territoriales con los ODS.

AREA DE ESTUDIO	CAP.	ODS
PGP.	3. Indicadores de sustentabilidad urbana y periurbana: exploraciones metodológicas en Mar del Plata y el partido de General Pueyrredon	
PGP – Ciudad de Mar del Plata.	4. Simulación de la expansión urbana mediante Tecnologías de Información Geográfica.	
Ciudad de Mar del Plata. Urbana +	5. Un índice sintético con alcance territorial.	
Ciudad de Mar del Plata. Urbano + Periurbano +	6. Indicadores ambientales y tecnologías de información geográfica aplicados a la infraestructura ecológica.	
Área serrana del PGP.	7. Modelo de decisión multicriterio para la evaluación del riesgo de contaminación de acuíferos.	 

**Fuente:** Elaboración propia.

Por su parte, los indicadores e índices que se presentan en la sección de *PRÁCTICAS Y PROCESOS* se relacionan con los objetivos de **Educación de calidad** (ODS 4), **Reducción de las desigualdades** (ODS 10), **Ciudades y**

---

**Comunidades Sostenibles** (ODS 11) y **Producción y Consumo Sustentable** (ODS 12), tendiente a desvincular el crecimiento económico de la degradación ambiental, aumentar la eficiencia de recursos y promover estilos de vida sostenibles (Tabla 2).

- La incidencia de la valorización de reciclables en términos biofísicos (capítulo 9), en relación con los ODS 10, 11 y 12, propone medir la incidencia de la valorización como parte del sistema sociotécnico impulsado por la Estrategia Nacional de Gestión Integrada de Residuos Sólidos Urbanos (ENGIRSU) e implementado a nivel local. En este sentido, contribuye dimensionar, en el marco de la EE y la Economía Circular, la incidencia de los bucles de retroalimentación, atendiendo a un territorio que se caracteriza por la recuperación cogestionada de residuos con recuperadores de base.
- La sustentabilidad en la producción hortícola (capítulo 10), se relaciona especialmente con el ODS 12, focaliza en las prácticas productivas y de consumo, responsables con el objetivo de lograr una gestión sostenible y uso eficiente de los recursos. La evaluación de productores agroecológicos busca contribuir a facilitar la toma de decisiones y el diseño de políticas públicas sectoriales.
- El desarrollo de indicadores de sustentabilidad para la vivienda social se relaciona con el ODS 11, que tiene entre sus metas, asegurar el acceso de todas las personas a viviendas y servicios básicos adecuados, seguros y asequibles y mejorar los barrios marginales, así como aumentar la urbanización inclusiva y sostenible. Propone una herramienta para la toma de decisiones y la definición de criterios sustentables en futuros proyectos de vivienda social.
- El sistema de indicadores propuesto en *Midiendo los impactos sociales de los residuos electrónicos* (capítulo 12), se relaciona principalmente con el ODS 12, puesto que busca garantizar modalidades de consumo y

producción sustentable, desde la perspectiva del Ciclo de Vida Social que integra los aspectos socio culturales de los consumidores.

- Las *Reflexiones metodológicas sobre la realización de mapas colectivos* (capítulo 12), plantea un nuevo enfoque de abordaje de los problemas desde una perspectiva participativa y con estrategias provenientes de la Educación Ambiental (ODS 4).

**Tabla 2.** Relación de los indicadores de Prácticas y Procesos con los ODS.

AREA DE ESTUDIO	CAP.	ODS
PGP.	8. La incidencia de la valorización de reciclables en términos biofísicos.	
Cinturón Hortícola del PGP.	9. Sustentabilidad en la producción hortícola.	
Barrios Don Emilio, El Martillo y Las Heras.	10. Indicadores de sustentabilidad para la vivienda social.	
Universidad Nacional de Mar del Plata.	11. Midiendo los impactos sociales de los residuos electrónicos.	
Experiencias en Mar del Plata	12. Reflexiones metodológicas sobre la realización de mapas colectivos.	

**Fuente:** Elaboración propia.

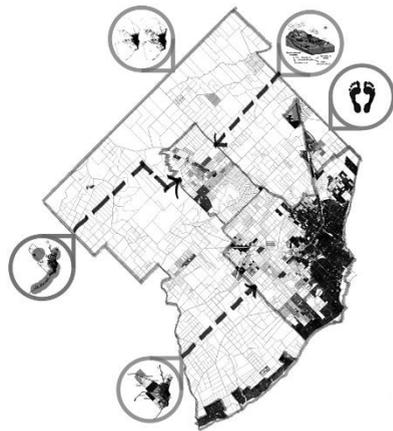
## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ares, S. E. y Mikkelsen C.A. (2015). ¿Dónde va la gente...? Desafíos para la movilidad territorial cotidiana en el partido de General Pueyrredon en el siglo XXI. Lucero, Patricia Iris (dir.), *Atlas de Mar del Plata y el partido de General Pueyrredon II: problemáticas socio-territoriales contemporáneas*. (1ª ed. Pp 141-167). Mar del Plata: EUDEM.
- Gareis, M. C. y Ferraro R. (2014). Actividad turística y emisiones de CO<sub>2</sub>. El caso de Mar del Plata. *Revista Estudios Ambientales*, Vol. 2, No 1, 43-58.

- 
- Ferraro, R., Zulaica L. y Echechuri H. (2013). Perspectivas de abordaje y caracterización del periurbano de Mar del Plata, Argentina. *Letras Verdes*, Revista del Programa de Estudios Socioambientales, FLACSO, Ecuador, N° 13, Pp. 19-40.
- Sabuda, F. G. (2016). Aspectos territoriales. *Segundo Informe de Mar del Plata Entre Todos: monitoreo ciudadano: para saber qué ciudad queremos, necesitamos saber qué ciudad tenemos* / Enrique Adlercreutz ... [et al.]. – (1ª Edición, pp. 24-51). -Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Red Mar del Plata Entre Todos, 2018.
- Wood, S. L. R., Jones, S. K., Johnson, J. A., et al. (2018). Distilling the role of ecosystem services in the Sustainable Development Goals. *Ecosystem Services*, 29, Pp.70–82.
- Zulaica, L. y Celemín, J. P. (2014). Condiciones de habitabilidad y crecimiento poblacional en el periurbano de la ciudad de Mar del Plata, Argentina. *Revista Espaço e Geografia*, 17 (1), 281-321.



# SECCIÓN TERRITORIAL





### 3. La Huella Ecológica, un indicador integrado con flexibilidad territorial

[gareiscecilia@gmail.com](mailto:gareiscecilia@gmail.com) (\*)

(\*)María Cecilia Gareis    Doctora en Ciencias Sociales y Humanidades,  
Licenciada en Diagnóstico y Gestión Ambiental.  
Investigadora Asistente del CONICET, IAMRA-UNdeC / IHAM-  
FAUD UNMdP.

La Huella Ecológica (HE) es un indicador biofísico y una herramienta analítica a partir de la cual es posible estudiar la relación que se da entre una población y el medio, por lo que da cuenta del grado de sustentabilidad de los territorios. El objetivo de este capítulo es transmitir una experiencia metodológica de evaluación de la apropiación de materia y energía de la población que habita y visita la ciudad de Mar del Plata y el partido de General Pueyrredon, y de análisis de la absorción de emisiones y residuos que ésta genera con base en el año 2010. El estudio, que se desprende de una tesis doctoral (Gareis, 2017), avanza en el ajuste y la aplicación del indicador HE a un territorio determinado. Para ello se emplea la metodología desarrollada por Wackernagel y Rees (1996). Los alcances de este aporte se vinculan directamente con el Objetivo de Desarrollo Sustentable N° 11 que contribuye a ciudades y asentamientos humanos seguros, inclusivos y resilientes. Los resultados de esta investigación fueron publicados en trabajos antecedentes considerados como estudios de partida del capítulo:

---

Gareis *et al.* (2016), Gareis (2017), Gareis y Ferraro (2013, 2014, 2015, 2017, 2018, 2019).

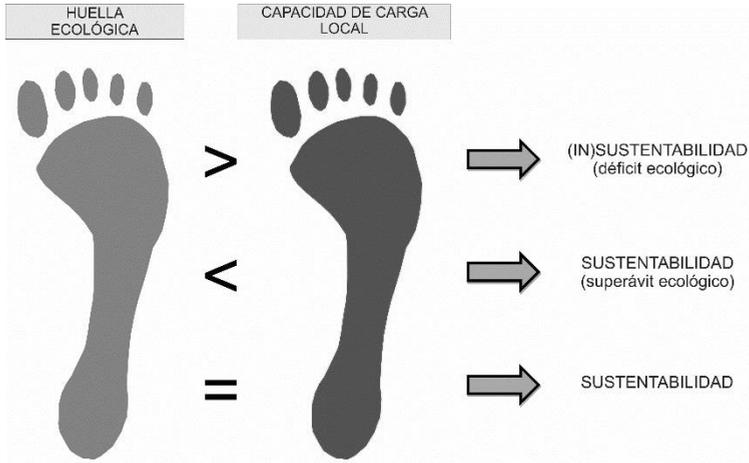
## ÁREA DE ESTUDIO

Se considera al partido General Pueyrredon como área de estudio para la estimación de la HE por una serie de aspectos. En primer lugar, tanto la ciudad cabecera como el partido han sido objeto de estudio de múltiples y diversas disciplinas, por lo que existe información antecedente variada y actualizada. En segundo lugar, la escala resulta conveniente a los fines de realizar la estimación por la disponibilidad de información necesaria para efectuar los cálculos correspondientes a cada una de las subhuellas que conforman el indicador, lo que está completamente vinculado al tamaño de Mar del Plata (ciudad intermedia) y a la disponibilidad de gran parte de los datos básicos necesarios. En este sentido, la división administrativa en partidos también fue un criterio considerado a la hora de determinar el área de estudio por ser la escala a la que se generan o agregan los datos, los cuales son publicados por diferentes instituciones u organismos (tanto públicos como privados) accesibles al momento de efectuar el estudio. Por otro lado, este aporte constituyó un desafío y una contribución a nivel de Argentina por no hallarse, hasta ese momento, antecedentes de estimaciones de HE a nivel de ciudades intermedias.

## ¿PARA QUÉ SE REALIZA LA INVESTIGACIÓN?

Conocer el metabolismo de un asentamiento urbano supone indagar en las características de los flujos de materiales y energía. Las ciudades y regiones industriales en general dependen cada vez más de un “hinterland” globalizado de paisajes ecológicamente productivos de los cuales se apropian a través del comercio (Wackernagel y Rees, 1996). Así, una demanda local de bienes y servicios mayor a su equivalente en áreas productivas necesarias para satisfacer dicha demanda denota la necesidad de importación de biocapacidad a partir de

productos y servicios provenientes de otros ecosistemas. La HE junto a la capacidad de carga local (CCL) permite analizar si la apropiación que la población realiza es mayor a la superficie productiva disponible localmente.



**Figura 1.** Relación entre la HE y CCL

**Fuente:** Gareis y Ferraro (2019)

A partir de este estudio se cuantifica el grado de (in)sustentabilidad en el que se encuentra el partido (y su ciudad cabecera) para un momento determinado. Asimismo, se genera una base de información a partir de la cual perfeccionar el instrumento ajustando las estimaciones en años posteriores, por lo que es posible monitorear variaciones. Esto permite evaluar el “desempeño” en términos de sustentabilidad e identificar en cuánto se alejan (o no) los valores de las subhuellas resultando en información valiosa para la gestión local.

## PERSPECTIVA CONCEPTUAL

Este aporte se enmarca en la perspectiva biofísica que caracteriza a la Economía Ecológica (EE) que se centra en los ecosistemas y la biosfera en su totalidad,

analizando los problemas que surgen de la interacción entre los aspectos sociales y naturales. Desde este enfoque se pone en relieve la ecósfera como fuente o soporte de vida (Umaña y Daly, 1981; Wackernagel y Rees, 1996; Van Hauweirmeiren, 1999). La EE se ocupa de analizar el metabolismo social y es definida por Naredo (1992) y Van Hauweirmeiren (1999) como la ciencia de la gestión de la sustentabilidad. Desde este enfoque se apela a diferentes indicadores a partir de los cuales “medir” la relación sociedad-naturaleza, convirtiéndose en instrumentos necesarios en la evaluación de la sustentabilidad de los territorios.

Bajo la concepción de la EE surge la HE como un indicador que brinda una imagen aproximada de la relación existente entre una determinada población, el consumo de recursos, la alteración de las condiciones del entorno y su capacidad de carga límite. Por ello, la HE es un indicador de corte territorial y biofísico, de sustentabilidad y una herramienta para evaluar la capacidad de carga humana (Wackernagel y Rees, 1996).

### ¿CUÁLES FUERON LAS CONCLUSIONES?

Si bien es posible determinar la situación de (in)sustentabilidad del partido de General Pueyrredon y ciudad cabecera por la necesidad de satisfacer las demandas locales a partir de bienes y servicios provenientes de otros ecosistemas, no es posible identificar de donde proviene dicha capacidad de carga apropiada dada la ausencia de información desagregada a nivel de ítem vinculados al comercio local y entre localidades. Por lo que el análisis de cómo la (in)sustentabilidad del partido afecta a otros queda por fuera de los objetivos de este estudio. El trabajo de investigación efectuado permitió corroborar algunas de las limitaciones planteadas por diferentes autores en relación con la HE como indicador de sustentabilidad, a la vez que posibilitó efectuar una primera estimación de la HE de una ciudad intermedia, hasta el momento, único en esta escala a nivel de Argentina. Si bien el cálculo realizado subestima el valor de la

HE por no considerarse todos los ítems de consumo existentes y por ser necesario establecer un “recorte de la realidad” según un grupo de criterios, el indicador permite plantear una base de información y un conjunto de procedimientos a partir de los cuales perfeccionar el instrumento.

## ¿QUÉ RESULTADOS SE OBTUVIERON?

La HE es un indicador integrado que se compone de un conjunto de subhuellas: absorción de CO<sub>2</sub>, ambiente construido, alimentos, papel y madera y residuos. En cuanto a la subhuella de CO<sub>2</sub>, la población del partido se apropió de 513.058,38 hectáreas productivas, valor que desciende a 454.169,39 hectáreas de considerar a los turistas o a 451.778,91 hectáreas a nivel de ciudad de Mar del Plata. Respecto al ambiente construido, la subhuella resultó ser de 22.084 hectáreas a nivel de partido (considerando a los turistas), valor que desciende a 19.446,3 hectáreas para la ciudad cabecera.

En relación con la subhuella de alimentos, la población demandó 644.535,97 hectáreas productivas, que asciende a 728.108,47 hectáreas de considerar a los turistas y desciende a 641.143,5 hectáreas para la ciudad de Mar del Plata. Vinculado a la subhuella de papel y madera, la estimación resultó de 34.876,37 hectáreas productivas a nivel de partido, valor que asciende a 39.398,55 hectáreas de considerar a los turistas y desciende a 34.692,80 hectáreas para la ciudad cabecera. Finalmente, la subhuella de residuos muestra que se requirieron de 2,66 hectáreas para la disposición final de los residuos producidos por la población del partido más los turistas, descendiendo a 2,34 hectáreas para la ciudad de Mar del Plata.

En términos generales, la población de General Pueyrredon demandó en conjunto 1.153.133,27 hectáreas productivas para cubrir sus necesidades energéticas y materiales y absorber los residuos generados. Ese valor asciende a 1.302.652,06 hectáreas de considerar a la población de turistas (incremento del

13%), mientras que para el caso de Mar del Plata las hectáreas productivas son menores en un 0,52%. Esta diferencia es leve debido a que el 95% de la población del partido se ubica en zonas urbanas.

**Tabla 1.** Resumen de la HE según SH a nivel per cápita, partido de General Pueyrredon (con y sin turistas) y ciudad de Mar del Plata.

SH	Per cápita (ha/cap)	Población sin turistas (ha/pob.)	Población con turistas (ha/pob.)	Población de Mar del Plata (ha/pob.)	SH %
Emisiones de CO <sub>2</sub>	0,73	454.169,39	513.058,38	451.778,91	39,4
Ambiente construido	0,031	19.549,19	22.084	19.446,3	1,7
Alimentos	1,04	644.535,97	728.108,47	641.143,5	55,9
Madera y papel	0,056	34.876,37	39.398,55	34.692,80	3
Residuos	0,0000038	2,35	2,66	2,34	0,0002
<b>HE (ha)</b>	<b>1,86</b>	<b>1.153.133,27</b>	<b>1.302.652,06</b>	<b>1.147.063,85</b>	<b>100</b>

**Fuente:** Gareis y Ferraro (2019).

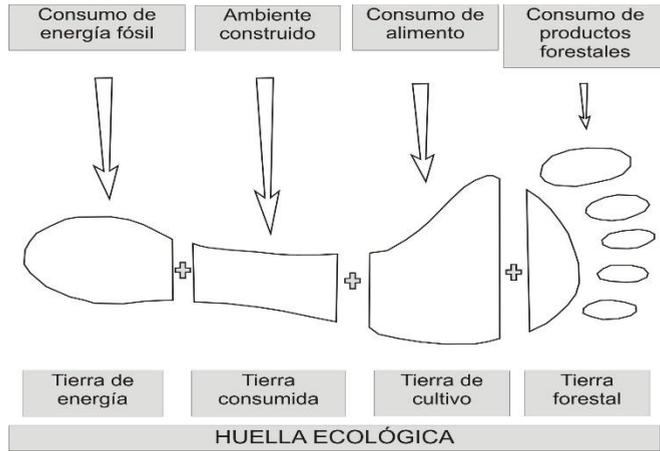
En síntesis, el habitante promedio del partido de General Pueyrredon requirió de 1,86 hectáreas productivas para abastecerse de alimentos, madera y papel, habitar, absorber las emisiones de CO<sub>2</sub> y los residuos producto del consumo energético y de materia. La superficie apropiada multiplica en 7,9 veces el área administrativa del partido, que asciende a 8,92 si se incluye la demanda ejercida por la población turística y desciende a 7,86 si sólo se considera la ciudad de Mar del Plata, no obstante, deben considerarse las hectáreas correspondientes al mar, por lo que el valor de HE para la población en estudio (considerando a los turistas) es 0,7 veces mayor a la superficie productiva total.

## ¿CÓMO SE OBTUVIERON LOS RESULTADOS?

Existen diferentes metodologías para la estimación de la HE. En este estudio se considera la propuesta por Wackernagel y Rees (1996) a la que se le efectuaron un conjunto de ajustes para su aplicación al partido de General Pueyrredon y ciudad cabecera. Dado que es un índice o indicador integral, su cálculo es un proceso de múltiples etapas. Las modificaciones efectuadas a la metodología base responden a cuatro razones: 1. La disponibilidad de información; 2. Las características en las que se presentan los datos; 3. Las particularidades del partido de General Pueyrredon y ciudad de Mar del Plata; y 4. Los objetivos específicos de la investigación. Las primeras dos razones justifican el área de estudio al apelar a los límites administrativos del partido en su delimitación.

La estructura básica del esquema metodológico de la HE implica describir y estimar el consumo de recursos aplicando la misma lógica a las diferentes categorías de producción y asimilación de residuos. Los cálculos se limitan a categorías mayores e ítems individuales, efectuándose una selección.

La metodología consiste, en términos generales, en convertir valores de consumos de energías, de ambiente construido, de alimentos, de productos madereros en hectáreas productivas equivalentes, esto quiere decir: hectáreas de suelo necesarias para la producción de la energía consumida o superficie requerida para la absorción de las emisiones producidas por el consumo de energía, hectáreas de suelo necesarias para el ambiente construido, cantidad de hectáreas requeridas para producir los alimentos consumidos y superficie demandada para producir los productos madereros también consumidos. Los distintos ítems se agrupan en huellas parciales o subhuellas y de la suma se obtiene el valor de la HE total a nivel per cápita o poblacional.



**Figura 2.** Conversión de consumos en superficie de suelo.

**Fuente:** Wackernagel y Rees (1996:67) en Gareis y Ferraro (2019).

Se consideraron las siguientes variables en la estimación del indicador:

- Consumo de energía y superficie necesaria para la absorción de las emisiones de CO<sub>2</sub> producidas.
- Consumo de suelo para la urbanización.
- Consumo de alimentos y superficie necesaria para su producción.
- Consumo de madera y papel y superficie necesaria para producir lo consumido.
- Generación de residuos y superficie requerida para su absorción.

La HE, por lo tanto, es estimada a partir de la integración de los datos del cálculo de cada una de las subhuellas parciales que la componen:

$$HE = SHACO_2 + SHA + SHAC + SHMP + SHR$$

Donde, HE es huella ecológica (ha), SHACO<sub>2</sub> es subhuella de absorción de CO<sub>2</sub> (ha), SHA es subhuella de alimentos (ha), SHAC es subhuella de ambiente

construido (ha), SHMP es subhuella de madera y papel (ha), SHR es subhuella de residuos (ha).

Dado a que la estimación de la HE requiere de una sucesión de cálculos que se integran y complejizan es que se parte de indicadores simples como inicio de cada una de las subhuellas, cálculos que luego se complejizan en la medida en que se generan agregaciones y se conforman indicadores integrales o índices. Por lo que los resultados parciales de cada subhuella constituyen un índice que luego es agregado a partir de la sumatoria de los valores obtenidos en cada una de ellas (subhuellas) para dar por resultado el valor final de la HE.

El desarrollo exhaustivo de los aspectos metodológicos referentes a las distintas subhuellas se encuentra en Gareis y Ferraro (2018) y Gareis (2017).

## REFLEXIONES METODOLÓGICAS

El indicador, como todo instrumento, posee limitaciones que ya han sido identificadas por otros autores, algunas de ellas se corroboran en este estudio. En este sentido es de esperar que, dado a que la sustentabilidad es un concepto complejo con múltiples y diversas aristas, la HE no dé cuenta de todas ellas.

Un aporte interesante de este trabajo es el tener presente que los ajustes metodológicos que se efectúan cada vez que se estima este indicador responden a datos, objetivos y particularidades específicas al área de estudio, que diferirán, claramente, de otros casos de estudio, por lo que los resultados no son directamente comparables, esto es, entre huellas ecológicas; lo que no invalida efectuar lecturas generales a niveles agregados.

La estimación y el análisis realizado para el caso de General Pueyrredon contribuye a la línea de base del partido y ciudad cabecera a partir de la cual ajustar y efectuar monitoreos que den cuenta de las variaciones a nivel de

subhuellas e ítems específicos que influyen luego en el valor final que adopte el indicador.

Cabe destacar de este instrumento la claridad en el mensaje al sintetizar el impacto humano sobre la capacidad de carga local en un solo valor, por lo que conceptualmente es simple de entender e interpretar, mientras que el nivel de detalle dependerá de la disponibilidad, confiabilidad y accesibilidad a la información. Esta cualidad constituye una de las fortalezas más importante de la HE y posiblemente sea también la justificación de su amplia utilización, adaptación y aplicación a distintos niveles y ámbitos, lo que da cuenta de una herramienta flexible que permite ajustes a los objetivos que se planteen.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Gareis, M. C. (2017). *Estimación de la huella ecológica de Mar del Plata (Partido de General Pueyrredon), y su relevancia con el hábitat urbano*. (Tesis de Doctorado de la Universidad Nacional de Luján en la Orientación Ciencias Sociales y Humanas). Luján: Universidad Nacional de Luján, Luján.
- Gareis, M. C. y Ferraro, R. (2013). Estimación de la subhuella de absorción de CO<sub>2</sub> del partido de General Pueyrredon (Argentina), del año 2010. *DELOS Revista Desarrollo Local Sostenible*, 6(17): 1-21.
- (2014). Actividad turística y emisiones de CO<sub>2</sub>. El caso de Mar del Plata. *Revista Estudios Ambientales*, 2(1): 43-58.
- (2015). Estimación de la subhuella de ambiente construido del partido General Pueyrredon, Argentina. *Revista Cuaderno Urbano*, 19(19): 57-72.
- (2017). Variación en el consumo energético en el partido de General Pueyrredon entre los años 2010 y 2015. *Revista Investigación + Acción*, 20(19): 27-40.
- (2018). Lectura de las áreas urbanas en clave de Economía Ecológica. *Geografia em Questão*, 11(1): 60-74.
- (2019). La Huella Ecológica del partido de General Pueyrredon (Argentina) como indicador biofísico del metabolismo urbano. *Revista Iberoamericana de Economía Ecológica*, 29(1): 114-138.

- 
- Gareis, M. C., González Insúa, M. y Ferraro, R. (2016). Incidencia de los recuperadores en las subhuellas de RSU y papel y cartón. El caso de Mar de Plata, Argentina. *Estudios Socioterritoriales Revista de Geografía*, 19: 63-77.
- Naredo, J. M. (1992). *Fundamentos de la Economía Ecológica. Primer Curso Internacional Políticas Públicas para el Desarrollo Sostenible*. Banco Mundial (BM), Banco Interamericano de Desarrollo (BID), Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA).
- Umaña, A. & Daly, H. (1981). *Energy, economics and the Environment Conflicting Views of an Essential Interrelationship*. Simposio AAAS, USA.
- Van Hauweirmeiren, S. (1999). Sustentabilidad del desarrollo y contabilidad macroeconómica. Capítulo 4. *Manual de Economía Ecológica*, pp. 95-130. Chile: Editorial Abya-Yalá.
- Wackernagel, M. & Rees, W. (1996). *Our Ecological Footprint: Reducing Human Impact on the Earth*. New Society Publishers. Gabriola Island, BC.



## 4. Simulación de la expansión urbana mediante Tecnologías de Información Geográfica

[camilamagalimujica@gmail.com](mailto:camilamagalimujica@gmail.com) (\*)

(\*) Camila Magalí  
Mujica

Lic. en Diagnóstico y Gestión Ambiental.  
Doctoranda en Ciencias Aplicadas, Mención Ambiente y Salud.  
Becaria doctoral del CONICET, IHAM, FAUD UNMdP.

El presente capítulo propone simular el proceso expansión urbana de la ciudad de Mar del Plata y predecir su evolución en un futuro cercano, a partir del uso de Tecnologías de Información Geográfica. Se utilizó principalmente una herramienta denominada SACcity, desarrollada por un grupo de docentes-investigadores de la UNICEN.

La principal capacidad de esta herramienta es que permite la construcción de un modelo que exhibe de manera orientativa y sobre la base de ponderaciones predefinidas por el usuario, cómo, hacia dónde y cuánto crecería físicamente el área urbana de una ciudad.

Este indicador cuantitativo, está relacionado al desarrollo urbano territorial, vinculándose principalmente mediante el ODS11. Dentro de sus metas a nivel

nacional (Martino, 2018), el ODS apunta a disminuir el crecimiento urbano incontrolado, desintegrado y desconectado, revalorizando el espacio físico tanto peatonal como de infraestructuras verdes y azules. Comprender las tendencias actuales de expansión, podría contribuir a explicar las consecuencias de las acciones y políticas que se desarrollan en la actualidad y de este modo, fortalecer el diseño de herramientas e instrumentos que permitan una planificación sostenible de las ciudades.

## ÁREA DE ESTUDIO

Trabajos antecedentes de escala local, han analizado a través de distintos indicadores, las transformaciones territoriales en el área urbana (*Lanfranchi et al.*, 2018) y periurbana de la ciudad de Mar del Plata (Zulaica 2013; Ferraro *et al.*, 2016). Sin embargo, la simulación de escenarios futuros es un tema aún poco explorado en la escala local. Siguiendo esos lineamientos, la presente investigación ha tomado como ámbito de aplicación, la ciudad de Mar del Plata, partido de General Pueyrredon.

Este enfoque, permite realizar un análisis diacrónico, es decir, que evalúa los cambios temporales en el proceso de expansión urbana pasada; y luego, considerando su tendencia, simula una posible evolución futura. En este caso, el modelo fue calibrado basándose en los cambios en el uso urbano entre los años 2001 y 2020. Se seleccionó este período dado que coincide con años censales, y permitirá en futuros análisis, relacionar la expansión espacial con las tendencias de crecimiento demográfico y sus proyecciones. Para la simulación futura, se tomó como referencia el año 2040 siendo el horizonte cercano en las proyecciones a nivel departamental desarrolladas por el Sistema de Mapas de Riesgo del Cambio Climático (SIMARCC). Este horizonte se eligió debido a que, como se mencionó anteriormente, la herramienta podría ser un aporte al ODS 11, el cual incluye entre sus metas, la adaptación de las ciudades al cambio climático.

## ¿PARA QUÉ SE REALIZA LA INVESTIGACIÓN?

Esta proyección de cambio climático, trae asociada riesgos que podrían entrar en sinergia con los cambios inducidos por la expansión urbana futura. Muchos de los cambios en la mancha urbana pasada, han sido reflejados en distintas publicaciones del ámbito local (Garzonio *et al.*, 2013; Gareis y Ferraro, 2015; Lanfranchi *et al.*, 2018; Sabuda, 2018). Estos antecedentes resultaron de gran utilidad al momento de definir en la simulación las variables que han afectado históricamente la expansión de la ciudad y la forma en que se podrían ponderar entre ellas.

A pesar de contar con esta información, la incertidumbre implícita en instancias de planificación del suelo urbano aún es alta. En este sentido, los resultados que se obtienen luego de modelar escenarios futuros podrían contribuir a aumentar la información disponible para la toma de decisiones y mejorar así, posibles planes de desarrollo urbano.

El análisis que se presentará a continuación, se realizó basado en un modelo de autómatas celulares, utilizando una herramienta computacional compatible con Sistemas de Información Geográfica (SIG) conocida como SACcity<sup>5</sup>. Los antecedentes existentes respecto a abordajes basados en esta herramienta refieren principalmente a aplicaciones realizadas sobre la ciudad de Tandil (Linares *et al.*, 2014; Linares, 2015). No se han encontrado antecedentes publicados aplicados a la ciudad bajo estudio, realizados con éste, u otros modelos similares, cómo podría ser MOLUSCE<sup>6</sup> u otros.

Aproximarse al conocimiento respecto de cómo se expandiría una ciudad, permite dar cuenta de los complejos problemas ambientales a lo que debería

<sup>5</sup> SACcity v.2.7.6 un software gratuito de uso libre, desarrollado desde la UNICEN por Linares, S.; del Fresno, M.; y Miranda del Fresno, M.C. La herramienta y la guía de usuario se encuentra disponible en: <http://saccity.fch.unicen.edu.ar/>.

<sup>6</sup> MOLUSCE (*Modules for Land Use Change Simulations*) es una herramienta compatible con QGIS 2.14 que permite realizar análisis de los cambios en la cobertura terrestre.

---

enfrentarse una ciudad en un escenario próximo. A menudo, ocurre que los actores involucrados en la generación de suelo urbano, poseen visiones distintas sobre un territorio, por lo que contar con información de base facilitaría la toma de decisiones. Esto permitiría, no sólo prevenir impactos ambientales derivados de la escasa contemplación del medio físico y de las infraestructuras urbanas disponibles, sino también planificar con antelación las demandas en la capacidad de otros servicios urbanos como el transporte, la gestión de los residuos y el acceso a los espacios públicos. En ese sentido, los datos de expansión urbana obtenidos constituyen indicadores de sustentabilidad.

## PERSPECTIVA CONCEPTUAL

Este tipo de simulaciones son realizadas desde la perspectiva de la geografía aplicada a la solución de problemas prácticos (López Trigal, 2015), que permite una vinculación más eficiente y consecuente entre ciencia y acción. Dentro de este marco, ha crecido el interés por la modelización de fenómenos complejos basados en autómatas celulares (White and Engelen 1997; White *et al.* 1997).

Este modelo, implica el fraccionamiento del continuo urbano en partes discretas, adoptando un abordaje matricial donde cada polígono representa un pixel determinado de la superficie terrestre. De esta manera, en el análisis realizado, cada celda tiene dos estados posibles (i. urbano; ii. no urbano) que varían a lo largo del tiempo. La simulación entiende que el estado de cada celda depende de los estados previos de las celdas vecinas, de acuerdo con un conjunto de reglas de transición.

El modelo aplicado, parte de la hipótesis de que existe una correlación entre determinadas variables espaciales y la expansión urbana. De esta manera, es posible estimar el crecimiento físico de una ciudad en base a información espacial.

## ¿CUÁLES FUERON LAS CONCLUSIONES?

Una vez realizada la primera aproximación a la herramienta, se logró una simulación que permitió aclarar y mostró idoneidad para explicar en términos generales la extensión, y la evolución del área construida en una ciudad. De esta manera, el modelo fue capaz de generar una representación sostenida en un modelo probado de la expansión urbana de la ciudad de Mar del Plata, por lo que podría ser factible de ser utilizada para la generación de escenarios futuros a escala local.

Respecto de la interpretación de los resultados obtenidos con esta simulación, se puede establecer que Mar del Plata no estaría creciendo de manera sustentable, dado que se utilizan considerables proporciones de suelo en relación con sus incrementos poblacionales. De continuar esta tendencia, la ciudad seguiría repitiendo un patrón común en Argentina que se caracteriza por una alta tasa de crecimiento de suelo urbano con una baja tasa en el crecimiento poblacional, en el cual las ciudades crecen de forma difusa, desconectada y extensa. Considerando esas tendencias, es de esperar entonces, que continúen los contrastes de los usos del suelo, mayores niveles de segregación social, aumento viajes motorizados y la pérdida de valor de los espacios públicos.

## ¿QUÉ RESULTADOS SE OBTUVIERON?

A continuación, se muestran los resultados obtenidos con el simulador SACcity. El modelo se ha ejecutado para el período comprendido entre 2001 y 2020 y luego, se ha realizado una simulación para un escenario futuro a 2040 a partir de la cartografía de 2020.

Los resultados obtenidos incluyen una escena por año simulado, en donde cada celda puede pertenecer a la categoría urbano o no urbano. Los datos obtenidos están realizados sobre una malla ráster de 60 x 60 metros de tamaño por píxel. La Figura 1 corresponde a las escenas obtenidas para los años 2030 y 2040. Las

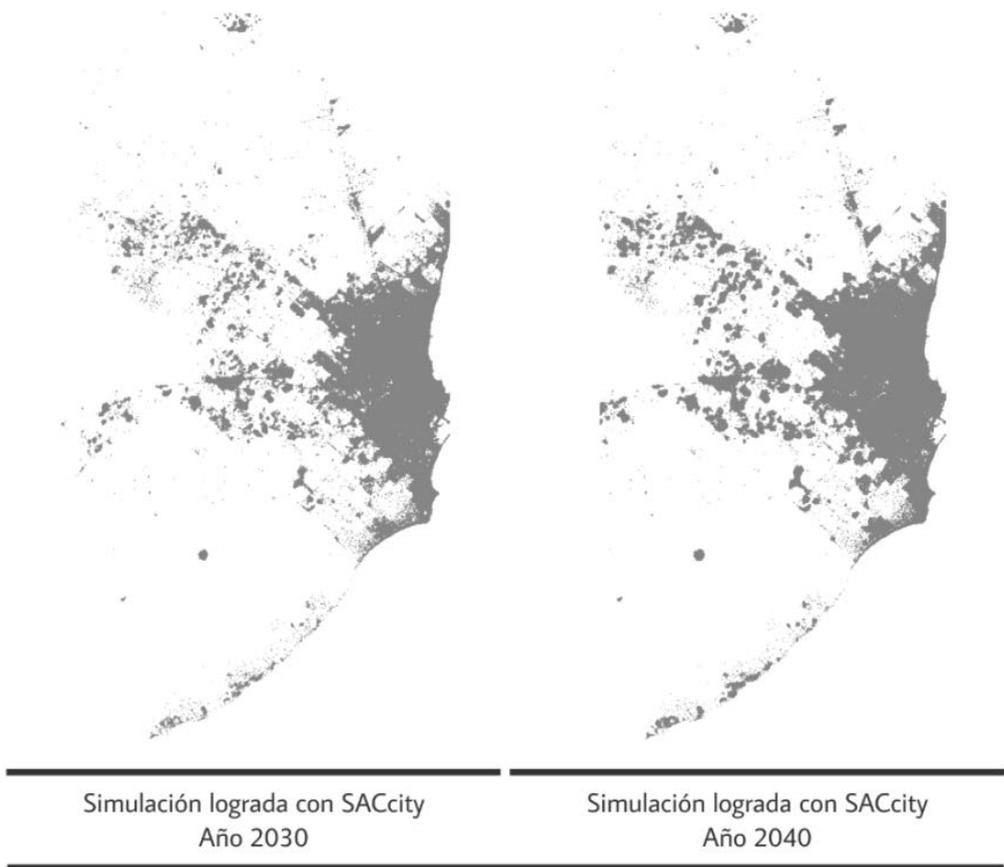
imágenes arrojadas muestran, en términos generales, una similitud morfológica con el emplazamiento actual en 2020 de la ciudad de Mar del Plata. Es decir, el resultado es conforme desde un análisis visual, lo que significa que mantiene en términos generales, las formas proporcionales de la mancha urbana.

También se puede ver que la principal tendencia de crecimiento se da sobre los núcleos ubicados en la Ruta Nacional 226 (Zona de Sierra de los Padres) y la Ruta Provincial 88 (Zona de Batán). La simulación realizada bajo las variables propuestas, mostró un fuerte crecimiento en torno a los polígonos industriales de Batán y sobre sectores de agricultura intensiva en Sierra de los Padres. En líneas generales, se observa una fuerte tendencia a la urbanización sobre estas áreas, y no tanto así sobre aquellas ubicadas en las inmediaciones a la Ruta Nacional 2 ó la Ruta Provincial 11, tanto en el sentido Norte, como Sur de la ciudad.

## ¿CÓMO SE OBTUVIERON LOS RESULTADOS?

Para poder ejecutar la herramienta SACcity y simular escenarios de expansión urbana cuyos valores pueden interpretarse como indicadores de sustentabilidad, se requiere de datos respecto de las condiciones físicas del área de estudio y de su infraestructura urbana. Estos datos deberán ser analizados y preparados mediante la utilización de Sistemas de Información Geográfica (SIG). Uno de los objetivos planteado al momento de buscar herramientas de simulación fue que estas sean softwares libres y de código abierto.

A continuación, se explicarán detalladamente los pasos básicos para lograr la simulación que se mostró anteriormente. Estos han sido divididos en dos etapas principales: i. Preparación de insumos y; ii. Calibración y simulación en SACcity.



**Figura 1.** Simulaciones generadas para el área urbana de Mar del Plata para los años 2030 y 2040.

**Fuente:** Elaboración propia.

## **i. Preparación de insumos**

Al momento de preparar los insumos necesarios para la simulación es importante tener en cuenta que todas deben estar en formato raster, alineados en una matriz de idénticas dimensiones, con la misma extensión, resolución espacial y sistema de proyección. Tomando como área de estudio el área urbana de la ciudad de Mar del Plata (Partido de General Pueyrredon), los datos de entrada que se cargaron fueron los siguientes:

### **Zonas urbanizadas (Origen/Destino)**

Son utilizadas para calibrar el modelo. En este caso, se obtuvieron mediante un procesamiento de clasificación no supervisada de dos imágenes satelitales correspondientes al año 2001 y 2020.

Las imágenes satelitales fueron obtenidas desde el Servicio Geológico de los Estados Unidos o USGS por sus siglas en inglés (United States Geological Survey). Para la descarga de las mismas se utilizó la herramienta Semi-Automatic Classification Plugin del software libre QGIS versión 3.4.10. Al momento de la descarga se pre-procesaron aplicando la corrección atmosférica DOS1 y ajustando la temperatura de brillo a grados Celsius, a pesar de que la banda térmica no ha sido utilizada. Una vez descargadas las imágenes, se recortaron empleando como máscara de corte los límites del partido de General Pueyrredon. Dado que SACcity diferencia dos clases de información, se clasificó la imagen en “Urbano” y “No urbano”. Para esta tarea, se utilizó el software libre SNAP (Sentinels Application Platform) de la Agencia Espacial Europea. SNAP tiene la ventaja de ser de código abierto, sin embargo, puede resultar lento si se lo compara con otros softwares de análisis de imágenes como ENVI. Por este motivo, se recomienda recortar previamente la imagen al área de estudio.

Una vez cargadas las imágenes en la interfaz del software, se deben apilar las bandas en orden, editar sus propiedades y finalmente, se deben re proyectar, ya

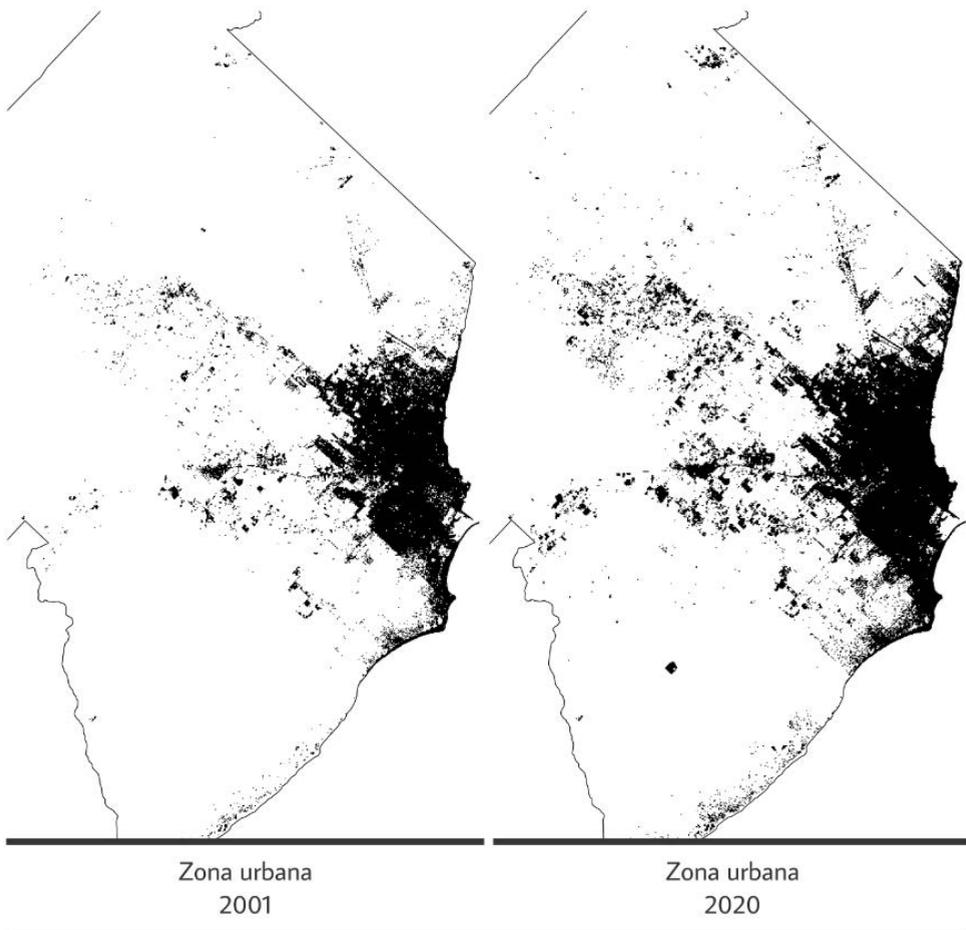
que las proyecciones por defecto a menudo no suelen ser las adecuadas. Una vez preparados los insumos, se aplicó un método de clasificación no supervisada. Este tipo de clasificación, se caracteriza porque los píxeles de una imagen se asignan a un clúster, sin que el usuario tenga conocimiento previo de la existencia o las características de cada clase espectral. El software utiliza métodos estadísticos de agrupamiento de clúster que luego el usuario identifica a partir de datos de referencia disponibles como mapas, fotografías aéreas e interpretación visual. En este trabajo, se realizó un análisis por k-means tomando como base 50 clústeres y 75 iteraciones. El producto obtenido en este paso representa las 50 clases encontradas, por lo que, para generar las dos clases objetivos, fue necesario reclasificarla asignando el nombre de “Urbano” a las clases edificadas y “No urbano” al resto (Figura 2).

### **Restricciones**

Este dato es utilizado por el modelo como capa donde no se permite urbanizar. Para su elaboración se deben unir capas vectoriales que contengan las máscaras que se desean marcar como restricciones y luego de unir las, convertirlas en formato Ráster. En este caso, se elaboró incluyendo espacios verdes públicos, cuerpos de agua, playas y barrios del tipo “Reserva Forestal” (Figura 3). Se decidió agregar en este paso, los barrios del tipo “Reserva Forestal” dado que muchos de estos barrios, regulados bajo ordenanza municipal, ya no conceden permisos de construcción o los mismos están muy limitados. Es decir que la simulación surgida, contempló que no se densifiquen los barrios de este tipo.

### **VARIABLES explicativas**

Son definidas y utilizadas para explicar cómo influyen en el crecimiento urbano. En este caso se seleccionaron cuatro variables, dos para el factor de Accesibilidad -distancia a las vías de comunicación y al centro de la ciudad- y dos para el factor topografía -pendiente y altitud- (Figura 4).



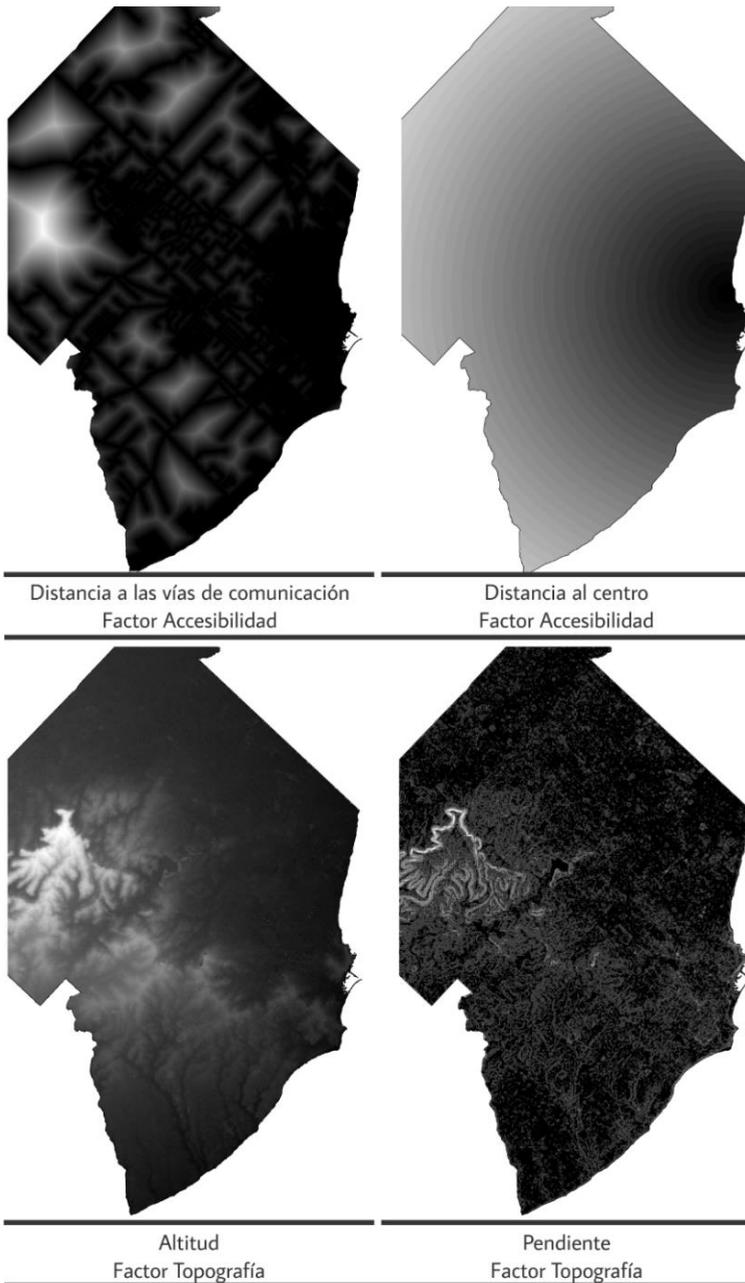
**Figura 2.** Zonas urbanizadas (Origen/Destino).

**Fuente:** Elaboración propia.



**Figura 3.** Restricciones.

**Fuente:** Elaboración propia.



**Figura 4.** Variables explicativas.

**Fuente:** Elaboración propia.

Tanto los datos de restricciones como de las variables han sido elaborados en el software QGIS 3.4.10 donde luego fueron llevados a formato TIFF 32 float y finalmente alineados mediante el método del vecino más cercano.

## ii. Calibración y simulación en SACcity

Una vez preparados todos los insumos, se procedió a ejecutar SACcity siguiendo el procedimiento explicado en la guía de usuario. En primer lugar, se cargaron todas las variables mostradas anteriormente agrupadas en dos factores: Topografía y Accesibilidad. Se las ponderó respetando el siguiente orden de importancia (ordenado del más al menos importante): 1° Distancia a las vías de comunicación, 2° Distancia al centro, 3° Pendiente y 4° Altitud, de modo tal que al momento de ponderar entre factores el orden de importancia fue: 1° Vecindario, 2° Accesibilidad y 3° Topografía.

El siguiente paso fue ejecutar el modelo combinado, mediante el cual se obtiene la imagen comparativa (2001/2020). Este paso se repitió nueve veces, hasta obtener una combinación con índices de validación adecuados para modelar. Se decidió por una combinación que resultó ser levemente mejor que las demás combinaciones, con un Índice Kappa de 0,77 y exactitud general de 95,93%. En la Tabla 1 se muestran los parámetros que fueron considerados como los óptimos para esta simulación.

**Tabla 1.** Parámetros elegidos en la configuración del modelo combinado para la ejecución de SACcity.

GRADO DE ALEATORIEDAD	ALTO	TÉRMINO DE PERTURBACIÓN ALEATORIA
Factor de difusión	4	Indica el radio de las celdas vecinas en el que se identificará si ya hay una celda convertida, si ya la hay, la celda no será transformada
Factor de propagación	2	Regula el porcentaje de celdas que son pasadas al estado "urbano" dentro de la cercanía o lejanía a las celdas urbanas existentes. Los valores pueden ir de 0 a 10.

**Fuente:** Elaboración propia.

Una vez elegida la combinación de parámetros, se procede a simular finalmente la expansión urbana. Para esto, se ejecuta nuevamente la herramienta, repitiendo los pasos anteriores, pero en esta oportunidad no se utiliza como origen la imagen 2001, sino la 2020 y se ejecuta el modelo con los parámetros elegidos. La simulación genera una capa de información para cada año. En este caso se disponen como resultado 20 escenas, una por cada año simulado, hasta alcanzar la mancha urbana proyectada para 2040 que ha sido mostrada en la Figura 1. Un último paso que permite analizar la distribución espacial del crecimiento urbano requiere un toolbox que SACcity sólo dispone compatible con ArcGIS, no así con QGIS. Utilizando esta herramienta es posible reclasificar las imágenes obtenidas en SACcity y cuantificar la variación absoluta de las celdas.

## REFLEXIONES METODOLÓGICAS

Al llevar adelante estos pasos, fue posible ejecutar la herramienta y obtener un posible escenario futuro que marca tendencias en la sustentabilidad del crecimiento de la ciudad. De este modo se corroboró que el modelo de predicción utilizado resultó una técnica de gran utilidad para identificar el modo de expansión del suelo urbano. Técnicamente, uno de los pasos de mayor dificultad está en la elaboración de los archivos *shape* con los datos de entrada para la simulación en SACcity. Una vez logrado, se pueden generar distintos escenarios modificando las restricciones y las ponderaciones entre variables, según las características de cada escenario.

Con el propósito de mejorar el modelo utilizado, y que este responda más adecuadamente al proceso real, se podrían agregar variables tales como el valor del suelo urbano, la distancia a la red de servicios públicos (principalmente agua y saneamiento) y a los espacios verdes públicos. Esto permitiría aumentar la complejidad del modelo, establecer nuevas ponderaciones entre las variables, y mejorar así la simulación.

En la simulación realizada, existen zonas industriales y de agricultura intensiva que en la clasificación de las imágenes satelitales han quedado incluidas dentro de la categoría urbano, por lo que, debido al efecto de vecindad, aumentan la probabilidad de transición a lo urbano de las celdas ubicadas a su alrededor, sobreestimando la expansión urbana en esta área. Este punto podría ajustarse, por ejemplo, agregando estos polígonos en la capa de restricciones.

Por otro lado, las capas de información generadas podrían ser de utilidad como insumos en el modelado y simulación de escenarios futuros de expansión urbana con otras herramientas y comparar resultado entre ellas. De hecho, se podría distinguir sub-categorías dentro de la clase “Urbano”, según la densidad de edificación, dado que SACcity, solo admite dos estados posibles para calcular las transiciones.

A modo de cierre, es importante destacar la oportunidad que representa contar con herramientas y datos municipales de código abierto en instancias de planificación urbana. Si bien las ciudades están insertas en un proceso de gran revolución tecnológica y digital, a menudo no es posible generar, difundir y tomar decisiones con el apoyo de este tipo de información. Muchas veces las herramientas tecnológicas son demasiado costosas, difíciles de utilizar o no están diseñadas para las condiciones específicas del contexto local. Es por este motivo que consideramos que herramientas como SACcity podrían contribuir a atender esta realidad y profundizar el análisis urbano, en pos de su sostenibilidad. En este sentido, la estimación de la expansión urbana permite obtener valores que constituyen indicadores de sustentabilidad factibles de aplicar a otros contextos locales, otorgándole un lugar central en las instancias de planificación. Al respecto, Sería clave promover ciudades que se expandan físicamente, considerando los impactos que tendría el proceso sobre otros indicadores de sustentabilidad. Esto permitiría reducir los riesgos ambientales y mejorar la regulación (haciéndola más estricta), principalmente sobre las áreas productivas y de vacancia, que a menudo resultan conflictivas, pero tienen un

rol clave ya que cumplen funciones ecosistémicas esenciales para la sustentabilidad urbana.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ferraro, R., Zulaica, L. y Echechuri, H. (2016). EXURBIA: Los límites móviles de Mar del Plata. Mar del Plata: Universidad Nacional de Mar del Plata.
- Gareis, M. C. y Ferraro, R. (2015). Estimación de la subhuella de ambiente construido del partido General Pueyrredon, Argentina. *Cuaderno Urbano*, 19(19): 57-72.
- Garzonio O., Terraza, H., Adler, V., Suárez, V., Soulier Faure, M., Scodelaro, F., Cotado, M., Dell' Olio, M., Bonifatti, S. y Vittar Marteau, P. (2013). *Plan de acción. Mar del Plata Sostenible*. Mar del Plata: Iniciativa Ciudades Emergentes y Sostenibles (ICES).
- Lanfranchi, G., Cordara, C., Duarte, J., Gimenez Hutton, T., Rodriguez, S. y Ferlicca, F. (2018) *¿Cómo crecen las ciudades argentinas? Estudio de la expansión urbana de los 33 grandes aglomerados*. Ciudad Autónoma de Buenos Aires: CIPPEC.
- Linares, S. (2015). Aplicación de Modelos de Simulación de Crecimiento Urbano. Buzai GD, Cacace G, Humacata L, Lanzelotti, S. (Eds.), *Teoría y métodos de la Geografía Cuantitativa*, pp 231-249. Mercedes: MCA Libros.
- Linares, S., del Fresno, M., Meliendrez, M. y Milia, S. (2014). Modelización de la expansión urbana mediante la aplicación SACcity. En *2das Jornadas de Tecnologías de Información Geográfica del Sur Argentino*. Bahía Blanca: Universidad Nacional del Sur.
- López Trigal, L. (2015). Diccionario de Geografía aplicada y profesional: Terminología de análisis y gestión del territorio. León: Universidad de León.
- Martino, H. (2018). Hacia un modelo de desarrollo urbano territorial sostenible e integrado. Quilodrán G (Ed.), *Las ciudades que queremos: el valor de planificar para vivir mejor*, pp 149-183. Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Konrad Adenauer Stiftung.
- Sabuda, F. (2018). Capítulo 1. Aspectos territoriales. Red Mar del Plata Entre Todos (Ed.), *Segundo Informe de Mar del Plata Entre Todos: monitoreo ciudadano. Para saber qué ciudad queremos, necesitamos saber qué ciudad tenemos*, pp 22-51. Mar del Plata: Mar del Plata entre Todos. Monitoreo Ciudadano.

- White, R. & Engelen, G. (1997). Cellular automata as the basis of integrated dynamic regional modelling. *Environment and Planning B: Planning and Design* 24 (2):235–246.
- White, R., Engelen, G. & Ujue, I. (1997). The use of constrained cellular automata for high-resolution modelling of urban land-use dynamics. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 24 (3):323–343.
- Zulaica, L. (2013). Crecimiento urbano y sustentabilidad en el periurbano costero e interior de la ciudad de Mar del Plata. *EntreVistas* 1–19.



## 5. Un índice sintético con alcance territorial

[laurazulaica@conicet.gov.ar](mailto:laurazulaica@conicet.gov.ar) (\*)

[m\\_tomadoni@yahoo.com.ar](mailto:m_tomadoni@yahoo.com.ar) (\*\*)

- (\*) M<sup>º</sup>. Laura Zulaica      Dra. en Geografía, Magister y Especialista en Gestión Ambiental, Licenciada en Diagnóstico y Gestión Ambiental. Investigadora Adjunta del CONICET, IHAM, FAUD UNMdP.
- (\*\*) Micaela Tomadoni      Arquitecta, Doctoranda en Arquitectura y Urbanismo. Investigadora del IHAM, FAUD UNMdP.

En el presente estudio se construyen indicadores e índices de sustentabilidad aplicados al área urbana y periurbana de Mar del Plata. El objetivo de esta propuesta es evaluar la sustentabilidad urbana y ambiental en estos dos espacios con la finalidad de establecer comparaciones. Para ello, se construye un índice sintético tomando como referencia los temas e indicadores propuestos en la Iniciativa Ciudades Emergentes y Sostenibles (ICES) del Banco Interamericano de Desarrollo en la que se integra Mar del Plata en 2012. Los alcances de este estudio, se relacionan especialmente con el ODS11. En línea con el ODS 11, los resultados derivados de esta investigación fueron publicados en trabajos antecedentes, que constituyen el punto de partida del presente capítulo: Tomadoni y Zulaica (2016), Zulaica y Tomadoni (2016) y Zulaica (2019).

## ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio del presente estudio es la ciudad de Mar del Plata y el área periurbana, conformada por múltiples modalidades de ocupación y espacio sobre el cual crece el área urbana. La expansión urbana ha alcanzado una huella (superficie construida) de 22.084 ha (Gareis y Ferraro, 2015). La tasa de crecimiento demográfico del Partido fue del 9,7% en el último período intercensal (2001-2010) y la población registrada asciende a 618.989 habitantes (INDEC, 2010).

Mar del Plata posee un área periurbana de aproximadamente 35.000 ha. Se trata de un territorio de interfaz urbano-rural que constituye el lugar de residencia de sectores sociales con alto poder adquisitivo, de sectores marginales con problemáticas sociales y ambientales complejas, en articulación con actividades agropecuarias intensivas, extractivas (minería), industriales o de disposición de residuos. Cuando se hace referencia específica al crecimiento demográfico en el periurbano, se observa que entre 2001 y 2010 fue de 41,2%.

En cuanto a la dimensión temporal, se trata de un estudio sincrónico, en el que la principal fuente de información fueron los datos del último censo nacional de 2010 aunque, como se detalla más adelante se incorporan otras fuentes de información en la construcción de los indicadores.

### ¿PARA QUÉ SE REALIZA LA INVESTIGACIÓN?

Las problemáticas sociales y ambientales que se manifiestan en la ciudad y especialmente en las áreas en expansión, alejan a Mar del Plata de los objetivos de sostenibilidad. En el marco de ICES, la ciudad de Mar del Plata fue elegida en marzo de 2012 para participar del Programa. La aplicación de la metodología propuesta por ICES durante el año 2012, permitió contar con un diagnóstico actualizado e integral de los problemas que afectan la sostenibilidad ambiental, urbana y fiscal (Municipio de General Pueyrredon, 2013). Sin embargo, poco se

ha llegado a profundizar sobre las diferenciaciones al interior de la ciudad y su territorio periurbano a la luz de los indicadores considerados. En el ámbito urbano y periurbano, se destacan investigaciones recientes que abordan esta temática en distintos países, siendo aún escasos los estudios aplicados a contextos latinoamericanos.

En función de lo anterior, partiendo de las dimensiones propuestas en ICES mencionadas precedentemente y a fin de analizar el estado actual de una ciudad, se definen indicadores de desempeño agrupados en función de temas de interés para la gestión local.

## PERSPECTIVA CONCEPTUAL

El estudio asume el concepto de sustentabilidad en sus múltiples dimensiones, utilizando en particular indicadores de desempeño. Desde el Informe de la Comisión Brundtland (WCED, 1987), los países han comenzado a definir objetivos y prioridades para alcanzar la sustentabilidad del desarrollo. Aunque se trata de un concepto aceptado y difundido internacionalmente, las líneas de pensamiento más críticas señalan que está cargado de una fuerte versatilidad y ambigüedad (Reboratti, 2000) que dificultan el análisis de situaciones concretas y el diseño de políticas de intervención.

Para tratar de superar esas dificultades, varios autores han realizado un esfuerzo por sintetizar las características que debe contener el desarrollo sostenible, considerando distintas dimensiones que pueden resumirse en las siguientes: ecológica; económica; sociocultural y política (Guimarães, 2003; Mori y Christodoulou, 2012).

En alguna medida, las dimensiones contenidas en ICES contemplan los aspectos mencionados a través de la definición de temas e indicadores del desempeño. Bonnefoy and Armijo (2005), los indicadores de desempeño proveen información sobre áreas fundamentales de acción de los agentes públicos tales

---

como eficiencia, eficacia, calidad y economía de los recursos. Los beneficios de la evaluación a través de indicadores de desempeño como en el caso mencionado, son múltiples; entre ellos Armijo (2011) destaca los siguientes: apoya el proceso de planificación y de formulación de políticas de mediano y largo plazo; posibilita la detección de procesos o áreas en las cuales existen problemas de gestión; permite realizar ajustes en los procesos internos y readecuar cursos de acción; establece mayores niveles de transparencia respecto del uso de los recursos públicos; apoya la introducción de sistemas de reconocimiento tanto institucional como individual, entre otros beneficios.

### ¿CUÁLES FUERON LAS CONCLUSIONES?

El trabajo realizado no aporta directamente a la formulación de estrategias de intervención sino que brinda un diagnóstico de la situación real que permite visualizar las diferencias entre el área urbana y periurbana. Históricamente, las intervenciones realizadas para revertir problemáticas como las contenidas en los indicadores, tienen lugar principalmente en las áreas urbanas y el periurbano es débilmente considerado en los diagnósticos realizados en el marco de ICES. Lo mencionado fundamenta el análisis desarrollado en este estudio.

Los índices de sustentabilidad más favorables se presentan generalmente en las áreas urbanas. En contraposición, las situaciones más críticas se identifican en el periurbano, fundamentalmente en las zonas con actividades rurales y en las que se localizan asentamientos de carácter precario.

Considerando las dos dimensiones contempladas, la sostenibilidad ambiental alcanza valores más altos en el área urbana que en la periurbana, destacándose en esta última el sector costero sur y las zonas en las que se localizan las urbanizaciones cerradas. Contrariamente, la sostenibilidad urbana registra zonas importantes del periurbano en condiciones más favorables respecto de los indicadores. Los aportes realizados en el marco de este trabajo permiten

diagnosticar de manera general la sostenibilidad, identificando áreas con necesidad de mejoras específicas.

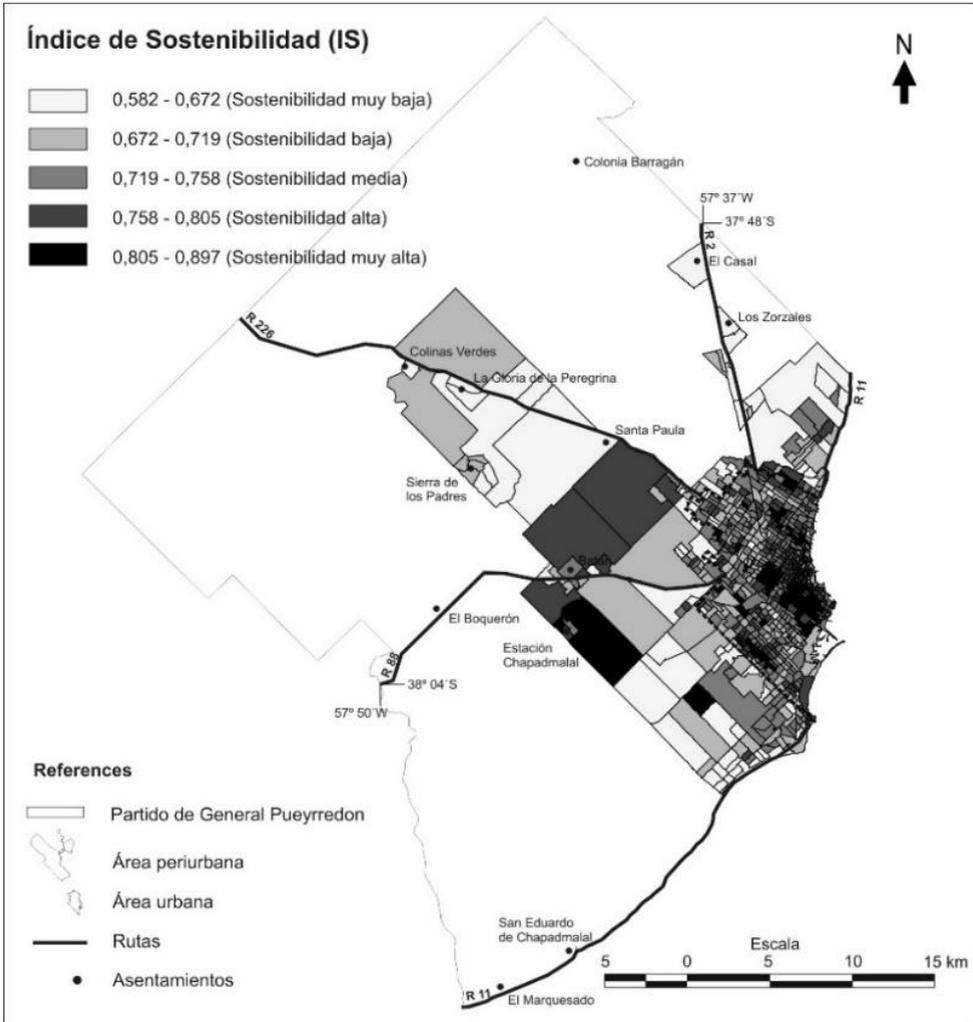
## ¿QUÉ RESULTADOS SE OBTUVIERON?

El análisis de la distribución de los indicadores de sostenibilidad en el área urbana y periurbana de Mar del Plata, intenta profundizar en las diferenciaciones territoriales de estos espacios. La distribución espacial del IS en el área de estudio (Figura 1), destaca las mejores condiciones (sostenibilidad muy alta, IS: 0,805-0,897) en barrios pertenecientes, en general, al área urbana. En el otro extremo de la sostenibilidad (sostenibilidad muy baja, IS: 0,582-0,672) se encuentran principalmente las áreas periurbanas.

En general, los valores del índice de la dimensión urbana superan de manera más significativa a los estimados para la dimensión ambiental (Figura 2). La situación se invierte en las áreas urbanas, centrales y costeras y hacia el sur del periurbano.

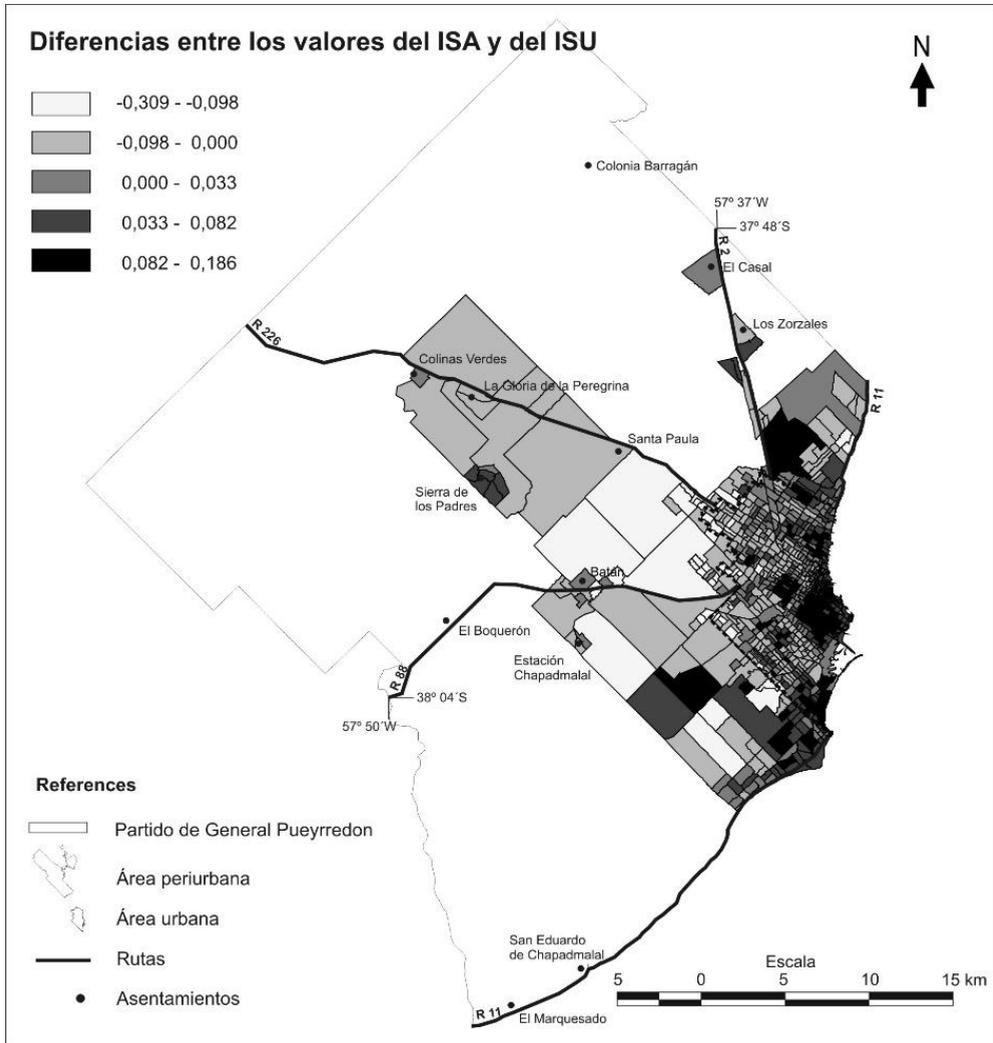
Las diferenciaciones en los valores obtenidos son más significativas para la dimensión ambiental que para la urbana, en tanto que, en ambas dimensiones, el área periurbana registra mayor dispersión en los valores obtenidos. Esto no es casual, ya que el periurbano constituye un espacio de interfaz urbano-rural complejo, en situación transicional y en permanente transformación.

El análisis de la incidencia de los temas en el índice brinda algunos elementos explicativos que contribuyen a explicar las causas de la distribución espacial de los valores obtenidos. En relación con la sostenibilidad ambiental, los temas energía y saneamiento y drenaje definen en mayor medida las situaciones favorables y desfavorables del ISA. Ello se corrobora al aplicar el coeficiente de correlación lineal ( $r$  de Pearson), que alcanza 0,597 para el caso de la energía y 0,572 para saneamiento y drenaje. Cuando el coeficiente de correlación se aplica separadamente a las áreas urbanas y periurbanas, se verifican valores máximos



**Figura 1.** Índice de Sostenibilidad (IS) en el área urbana y periurbana de Mar del Plata.

**Fuente:** Zulaica (2019).



**Figura 2.** Índice de Sostenibilidad Ambiental y Urbana: diferencias en el área urbana y periurbana de Mar del Plata.

**Fuente:** Zulaica (2019).

en el área urbana ( $r: 0,729$ ), correspondientes a los temas ruido y calidad del aire, que indiquen negativamente sobre la sostenibilidad ambiental de la ciudad.

En la dimensión urbana de la sostenibilidad el tema ordenamiento territorial / usos de suelo es el que posee mayor incidencia en la distribución del ISU. El coeficiente de correlación lineal alcanza un valor de  $0,780$ , mostrando una correlación positiva alta tanto en áreas urbanas ( $r: 0,714$ ) como periurbanas ( $r: 0,902$ ). Este tema incluye indicadores habitacionales. Cabe destacar que los hogares en viviendas con materiales precarios, sin servicios sanitarios adecuados, sin ambientes de privacidad ni accesibilidad física, entre otras cuestiones, afectan las necesidades de subsistencia, identificación e inserción de los grupos sociales, es decir la sostenibilidad social

## ¿CÓMO SE OBTUVIERON LOS RESULTADOS?

La metodología utilizada intenta integrar algunas de las dimensiones contenidas en el concepto de sostenibilidad y redefinidas por el BID (2014). En este estudio, el énfasis está puesto en las dimensiones urbana y ambiental. En consecuencia, se construyó un índice sintético, Índice de Sostenibilidad (IS) que surge de la integración de un Índice de Sostenibilidad Urbana (ISU), compuesto por 19 indicadores agrupados en 8 temas y un Índice de Sostenibilidad Ambiental (ISA), definido por 13 indicadores pertenecientes también a 8 temas.

El IS intenta evaluar aspectos objetivos de la sostenibilidad urbana y ambiental a partir de indicadores cuantitativos. Las unidades de referencia espacial de este estudio son los radios censales de 2010 (INDEC, 2010), de los cuales se dispone información desagregada.

En este estudio, sin desconocer los beneficios de la aplicación de modelos participativos e integrados, se asume en principio un enfoque técnico. Desde este enfoque, los indicadores son instrumentos indispensables para recopilar

---

información para la planificación y la toma de decisiones y para implementar y evaluar políticas de desarrollo sostenible (Moreno-Pires y Fidélis, 2012).

El procedimiento empleado, se desarrolla en cinco etapas: selección de indicadores, estandarización de los indicadores, ponderación de los indicadores, construcción del Índice de Sostenibilidad y análisis comparativo de la distribución espacial.

### **Selección de los indicadores**

La selección de indicadores que responden a la dimensión ambiental de la sostenibilidad, se compone en este caso de los siguientes temas: agua, saneamiento y drenaje, energía, residuos sólidos, calidad del aire, emisiones de gases de efecto invernadero, ruido y vulnerabilidad ante desastres. En el caso de la dimensión urbana, se integra por los temas siguientes: ordenamiento territorial / usos del suelo, inequidad urbana, movilidad, empleo, conectividad, educación, seguridad ciudadana y salud.

La nomenclatura de las categorías consideradas y los indicadores integrados en cada una de ellas se ajustaron en función de la información disponible y posible de desagregar en radios censales. Gran parte de los indicadores, se obtuvieron del último censo nacional (INDEC, 2010), utilizando el programa REDATAM (R + SP Process).

La lista de temas, indicadores y fuentes de información por dimensiones se sintetiza en la Tabla 1. Las fuentes de información se detallan en Zulaica (2019).

**Tabla 1.** Temas e indicadores.

TEMAS		INDICADORES
Sostenibilidad Ambiental	Agua	Porcentaje de hogares con disponibilidad de servicio de agua de red pública
		Porcentaje de hogares sin provisión de agua dentro de la vivienda
		Consumo anual de agua per cápita
	Saneamiento y drenaje	Porcentaje de hogares con disponibilidad de servicio de desagüe cloacal
		Porcentaje de hogares con instalación sanitaria con descarga de agua
	Residuos	Cantidad de residuos generados
	Energía	Porcentaje de hogares con disponibilidad de servicio de gas de red
	Calidad del aire	Porcentaje de la superficie del radio a menos de 300 m de fuentes de contaminación
	Mitigación del cambio climático	Emisiones gases de efecto invernadero (CO <sub>2</sub> ) en toneladas generadas en función del consumo de energía
	Ruido	Porcentaje de superficie del radio a menos de 300 m de fuentes de ruido
Vulnerabilidad ante desastres	Porcentaje de superficie del radio vulnerable a inundaciones	
	Porcentaje de áreas ocupadas por actividades que impliquen riesgos ambientales o que limiten a 300 m de esas áreas	
	Porcentaje de superficie del radio ocupada por asentamientos informales	
Sostenibilidad Urbana	Ordenamiento territorial	Densidad de población
		Porcentaje de viviendas de tipo inconveniente
		Porcentaje de hogares con hacinamiento severo (más de tres personas por cuarto)
		Porcentaje de viviendas particulares ocupadas
		Porcentaje de hogares con baño de uso exclusivo
		Porcentaje de hogares sin heladera
		Porcentaje de hogares sin computadora
	Superficies de espacios verdes respecto de la población del radio	
	Inequidad urbana	Porcentaje de hogares con al menos un indicador de NBI
	Movilidad	Porcentaje de la superficie del radio con cobertura de servicio de transporte público a menos de 300 metros
Empleo	Índice de dependencia potencial	

	Tasa de desocupación
Conectividad	Porcentaje de población en hogares con teléfono celular
Educación	Tasa de analfabetismo
	Porcentaje de población de 3 años y más que utiliza computadora en viviendas particulares
	Porcentaje de la superficie del radio a menos de 500 metros de un establecimiento educativo
	Porcentaje de la población de 18 años o más que cursa o cursó nivel terciario o universitario
Seguridad ciudadana	Porcentaje de homicidios dolosos respecto del total registrado en el Partido
Salud	Porcentaje de superficie del radio a menos de 500 metros de un centro de salud público.

**Fuente:** Zulaica (2019).

### **Estandarización de los indicadores**

A fin de poder comparar los indicadores utilizados, es necesario definir una estructura común ya que cada indicador posee diferentes sistemas de clasificación y nomenclaturas distintas (Braulio-Gonzalo *et al.*, 2015). Ello demanda un procedimiento de estandarización.

Una vez obtenidos los valores para los distintos indicadores seleccionados se estandarizaron con la finalidad de transformarlos en unidades adimensionales que permitan establecer comparaciones. En este caso, se utilizó la técnica de Puntaje Omega (Buzai, 2003; Buzai y Baxendale, 2006).

Este procedimiento transforma los datos de los indicadores llevándolos a un rango de medición comprendido entre 0 (peor situación) y 1 (mejor situación), valores que corresponden a los datos mínimos y máximos, respectivamente.

Posteriormente, para cada tema compuesto por más de dos indicadores, se construyó una matriz de correlaciones, la cual contiene los resultados obtenidos de la aplicación del coeficiente de correlación o  $r$  de Pearson entre los distintos indicadores correspondientes al tema. Este procedimiento se aplicó para

detectar fuertes asociaciones entre los indicadores y distinguir aquellos que podrían ser redundantes (Giraud-Herrera y Morantes-Quintana, 2017).

De esta manera se identificaron las máximas correlaciones y se obtuvieron los “pares recíprocos” en cada tema, que definen indicadores compuestos.

Las fórmulas utilizadas para la estandarización se presentan a continuación según su sentido positivo o negativo:

- Indicadores cuyo incremento implica peor situación relativa:

$$VE = (M - d) / (M - m)$$

- Indicadores cuyo incremento implica mejor situación relativa:

$$VE = [1 - (M - d) / (M - m)]$$

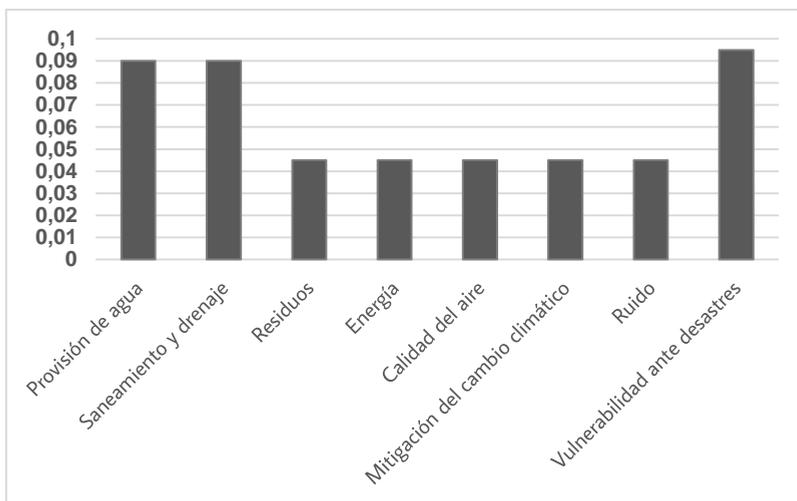
Dónde: *VE*: valor estandarizado del indicador/indicador compuesto; *d*: dato original a ser estandarizado; *M*: mayor valor del indicador/indicador compuesto; *m*: menor valor del indicador/indicador compuesto.

En el caso de los indicadores compuestos, el valor estandarizado se obtuvo a partir del promedio de los puntajes estandarizados de los dos indicadores contenidos en el par recíproco.

Luego, las dos dimensiones se ponderaron para alcanzar un puntaje total de 1, distribuyendo 0,5 puntos para cada una. Los indicadores e indicadores compuestos se ponderaron respecto de ese puntaje total, asumiendo una distribución relativamente equitativa entre de los temas

### Ponderación de los indicadores

Las ponderaciones de los temas e indicadores permiten destacar las diferencias entre las unidades espaciales al interior del área urbana y periurbana. En este estudio, se optó por ponderar temas e indicadores, partiendo del análisis comparativo realizado para los distintos temas. En este sentido, en la dimensión ambiental, los puntajes más elevados se otorgan a los temas agua, saneamiento y drenaje y vulnerabilidad ante desastres (Figura 3). Esta decisión se fundamenta en la cantidad de indicadores/indicadores compuestos que integran los temas y en que los contrastes manifestados en estos temas entre el área urbana y periurbana son significativos (Zulaica, 2019). Por otra parte, esta dimensión contiene servicios básicos esenciales (agua potable y evacuación de efluentes), cuya ausencia se convierte en una amenaza para la población que, ante situaciones de vulnerabilidad, se incrementa el riesgo ambiental.

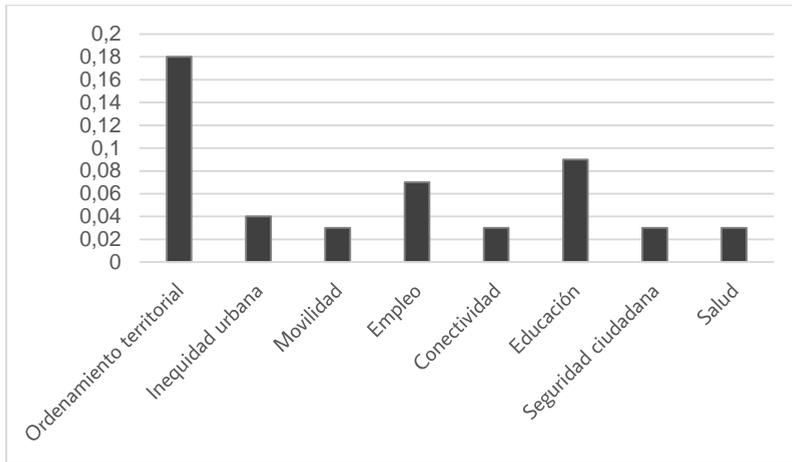


**Figura 3.** Sostenibilidad ambiental: gráfico con los valores de ponderación de los temas considerados en la construcción del índice.

**Fuente:** Zulaica (2019).

Respecto de la dimensión urbana, el tema ordenamiento del territorio / usos del suelo también integra numerosos indicadores que presentan valores críticos.

Estos indicadores refieren generalmente a condiciones habitacionales que se asocian sin duda a la vulnerabilidad contenida en la dimensión ambiental. A su vez, la educación incide en las posibilidades de empleo, vinculadas con el acceso a bienes y servicios. En consecuencia, los temas mencionados reciben las ponderaciones más altas (Figura 4).



**Figura 4.** Sostenibilidad urbana: gráfico con los valores de ponderación de los temas considerados en la construcción del índice.

**Fuente:** Zulaica (2019).

### Construcción del Índice de Sustentabilidad (IS)

El IS implica la construcción previa de un Índice de Sostenibilidad Urbana (ISU) y otro de Sostenibilidad Ambiental (ISA), cuyo valor máximo (mejor condición) puede alcanzar 0,5 en cada caso. La sumatoria de los resultados obtenidos para ambas dimensiones, expresa el valor del IS en las unidades espaciales. El desarrollo de índices permite simplificar la información facilitando la comprensión e interpretación de los hallazgos (King, 2016).

Una vez calculados los valores estandarizados de los indicadores/indicadores compuestos, se sumaron los resultados obtenidos en cada radio por dimensión, definiéndose así el IS, el cual queda expresado de la siguiente forma:

$$IS = \sum VESU + \sum VESA$$

Donde: **VESU**: valor estandarizado de los indicadores de Sostenibilidad Urbana; y **VESA**: valor estandarizado de los indicadores de Sostenibilidad Ambiental.

### **Análisis comparativo de la distribución espacial**

Los resultados obtenidos para cada uno de los temas se representaron espacialmente en mapas elaborados en gvSIG *versión 1.11* y se analizó su situación en particular.

La integración de los resultados en un índice permitió diferenciar cinco categorías para cada una de las dimensiones y para el índice final, que reflejan las situaciones favorables, intermedias y desfavorables (Sostenibilidad: muy baja, baja, media, alta y muy alta).

La configuración espacial se obtuvo en todos los casos a partir de la clasificación en intervalos por cortes naturales. Este método identifica los puntos de ruptura entre las clases utilizando una fórmula estadística (optimización de Jenk), que minimiza la suma de la varianza dentro de cada una de las clases. Posteriormente, se establecieron comparaciones en los resultados obtenidos en ambas dimensiones para el área urbana y periurbana de Mar del Plata.

Finalmente, se determinaron los temas que más inciden en la sostenibilidad ambiental y urbana. Para ello se calcularon los coeficientes de correlación lineal o  $r$  de Pearson. Como fue mencionado, este coeficiente da una medida del grado de relación de dos variables cuantitativas.

## **REFLEXIONES METODOLÓGICAS**

A nivel local, los indicadores se utilizan principalmente en el proceso de toma de decisiones para generar propuestas de intervención que permitan revertir

---

problemáticas que afectan la sostenibilidad. En esto se basa la propuesta ICES del BID.

Con la finalidad de dimensionar el avance hacia la sostenibilidad ambiental y urbana de las ciudades (incluyendo el territorio periurbano), se considera prioritario generar indicadores que reflejen de forma sintética preocupaciones sociales y sirvan para la toma de decisiones.

Los índices propuestos brindan una medida útil para identificar áreas problemáticas de la sostenibilidad que pueden ser recuperadas mediante acciones políticas que permitan generar avances hacia los objetivos de desarrollo sostenible.

El análisis de la sostenibilidad de Mar del Plata y su periurbano a partir de un Índice integrado por distintos indicadores, permite establecer una medida de algunos de los distintos aspectos involucrados en el concepto y efectuar estudios comparativos con otras áreas. Por otra parte, el estudio realizado contribuye a profundizar en el análisis de estas dimensiones de la sostenibilidad, enfatizando en las diferenciaciones internas a partir de datos representativos del territorio abordado.

En términos operativos, el análisis de la incidencia de los temas en el índice de sostenibilidad permite explicar al menos en parte los resultados obtenidos, identificando aquellos indicadores que afectan aspectos específicos de la sostenibilidad. Asimismo, la aplicación metodológica a partir del uso de un software libre como gvSIG, permitió organizar los datos censales y de otras fuentes de información de manera sistematizada, generando una base georreferenciada que facilita la toma de decisiones.

Más allá de las estrategias metodológicas empleadas, resulta difícil representar la complejidad inherente a los temas que involucra el concepto de sostenibilidad. En cuanto a las limitaciones, es importante mencionar que en ocasiones la

disponibilidad de información plantea dificultades para profundizar en las investigaciones, especialmente en el análisis de relaciones causales.

Además, nos enfrentamos al reto de consolidar los marcos teóricos y conceptuales profundizando en su capacidad de transferencia y en la posibilidad de establecer comparaciones. La apertura de estos nuevos interrogantes inspira a seguir profundizando en investigaciones cuyos resultados permitan avanzar hacia la sostenibilidad a partir de su inclusión en la agenda política.

La necesidad de ahondar en el análisis de las diferenciaciones espaciales de las distintas dimensiones de la sostenibilidad en las ciudades latinoamericanas a partir de metodologías específicas constituye un desafío para construir lugares más sostenibles para las generaciones presentes y futuras.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Armijo, M. (2011). *Planificación Estratégica e Indicadores de Desempeño en el Sector Público*. Santiago de Chile: ILPES, CEPAL, Naciones Unidas.
- BID (2014). *Guía metodológica*; Iniciativa Ciudades Emergentes y Sostenibles (segunda edición). Banco Interamericano de Desarrollo.
- Bonnefoy, J.C., y Armijo, M. (2005). *Indicadores de desempeño en el sector público*. Santiago de Chile: ILPES, CEPAL, Naciones Unidas.
- Braulio-Gonzalo, M., Bovea, M.D., & Ruá, M.J. (2015). Sustainability on the urban scale: Proposal of a structure of indicators for the Spanish context. *Environmental Impact Assessment Review*, 53: 16-30.
- Buzai, G. (2003). *Mapas sociales urbanos*. Buenos Aires: Lugar Editorial.
- Buzai, G., y Baxendale, C. (2006). *Análisis Socioespacial con Sistemas de Información Geográfica*. Buenos Aires: GEPAMA, Lugar Editorial.
- Gareis, M.C. y Ferraro, R. (2015). Estimación de la subhuella de ambiente construido del partido General Pueyrredon, Argentina. *Cuaderno Urbano*, 19(19): 57-72.
- Giraud-Herrera, L.M., y Morantes-Quintana, G.R. (2017). Aplicación del análisis multivariante para la sostenibilidad ambiental urbana. *Bitácora*, 27 (1): 89-100.
- Guimarães, R. (2003). *Tierra de sombras: desafíos de la sustentabilidad y del desarrollo territorial y local ante la globalización corporativa*, N° 67. Santiago de Chile: CEPAL.

- INDEC (2010). *Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas*. Buenos Aires: Instituto Nacional de Estadísticas y Censos.
- King, L.O. (2016). Functional sustainability indicators. *Ecological Indicators*, 66: 121-131.
- Mar del Plata Entre Todos (2016). *Primer Informe de Monitoreo Ciudadano: saber para entender, entender para actuar*. Mar del Plata: Red de Monitoreo Ciudadano.
- Moreno-Pires, S. & Fidélis, T. (2012) A proposal to explore the role of sustainability indicators in local governance contexts: The case of Palmela, Portugal. *Ecological Indicators*, 23: 608-615.
- Mori, K. & Christodoulou, A. (2012). Review of sustainability indices and indicators: Towards a new City Sustainability Index (CSI). *Environmental Impact Assessment Review*, 32: 94-106.
- Municipio de General Pueyrredon (2013). *Plan de acción, Mar del Plata Sostenible*. Mar del Plata: Municipio de General Pueyrredon y BID.
- Reboratti, C. (2000) *Ambiente y sociedad: conceptos y relaciones*. Buenos Aires: Editorial Planeta Argentina.
- Tomadoni, M., y Zulaica, L. (2016). Evaluación de la sostenibilidad urbana y ambiental en Mar del Plata y su periurbano, mediante indicadores. *Primeras Jornadas de Hábitat y Ambiente*. Mar del Plata: IHAM, FAUD UNMdP.
- WCED (1987). *Our Common Future. The World Commission on Environment and Development*. Oxford: Oxford University Press.
- Zulaica, L., y Tomadoni, M. (2016). Evaluación de la sostenibilidad ambiental en el área urbana de Mar del Plata y su periurbano, mediante indicadores. *IV Jornadas Nacionales de Investigación en Geografía Argentina*. Tandil: CIG, FCH, UNCPBA.
- Zulaica, L. (2019). Is Mar del Plata (Argentina) a sustainable city? An evaluation of the sustainability of urban and peri-urban areas using indicators. *Sustentabilidade em Debate*, 10(2): 10-27.

## 6. Indicadores ambientales y tecnologías de información geográfica aplicados a la infraestructura ecológica

[clarakaris@hotmail.com](mailto:clarakaris@hotmail.com) (\*)

(\*) Clara María Karis      Magister en Gestión Ambiental del Desarrollo Urbano, Arquitecta. Becaria Interna Doctoral CONICET, IHAM, FAUD UNMdP.

En el marco del ODS11, entre cuyas metas se encuentra proporcionar el acceso universal a zonas verdes y espacios públicos seguros, inclusivos y accesibles, el capítulo presenta un conjunto de indicadores para evaluar la infraestructura ecológica (IE) de la ciudad de Mar del Plata. La IE comprende el conjunto de las redes ecológicas naturales, semi-naturales y artificiales presentes al interior y en la periferia de la ciudad (Tzoulas *et al.*, 2007).

Dada la importancia de esta infraestructura en la provisión de servicios ecosistémicos urbanos (SEU) culturales y entendiendo que la magnitud con la que la IE brinda dichos servicios se ve condicionada por sus características, se seleccionaron indicadores capaces de evaluar algunos de sus atributos más relevantes dentro del área de estudio.

Los resultados aquí presentados forman parte de la Tesis de Maestría “Caracterización de la Infraestructura Ecológica de la ciudad de Mar del Plata y su capacidad para proveer Servicios Ecosistémicos Culturales” (Karis, 2019), y han sido publicados de forma parcial en Karis y Ferraro (2020 en prensa) y Karis *et al.* (2019).

## ÁREA DE ESTUDIO

El ámbito de aplicación de los indicadores corresponde a la ciudad de Mar del Plata, incorporando tanto el área urbana como el periurbano. Los límites se definieron de acuerdo con los criterios utilizados por Ferraro *et al.* (2013), y se incorporaron los barrios localizados sobre la ruta 11 en dirección al sur, que en la actualidad constituye uno de los ejes de expansión de la ciudad.

El área de estudio cuenta con 32,6 km de costa marítima, en donde se destacan playas y acantilados que constituyen un rasgo característico del paisaje marplatense. Además, la IE comprende el arbolado urbano, espacios verdes públicos de diverso tamaño, áreas de reserva natural, espacios verdes pertenecientes a instituciones públicas y privadas, áreas dedicadas a la producción agrícola y cuerpos y cursos de agua superficial.

Los indicadores utilizados permitieron construir una línea de base, dado que al momento de la investigación no existía información sistematizada. Para ello, los indicadores utilizaron información obtenida de imágenes satelitales provistas por Google Earth para el año 2017, y datos del Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas para el año 2010, el más reciente hasta la fecha.

## ¿PARA QUÉ SE REALIZA LA INVESTIGACIÓN?

El estudio constituye la primera etapa de una investigación sobre los SEU culturales en el área de estudio. La generación de este tipo de servicios depende

en gran parte de factores sociales, dado que son el resultado de un procesamiento de información del entorno biofísico a través de los sentidos humanos (Braat y de Groot, 2012). No obstante, para poder analizarlos, es necesario conocer las estructuras que los brindan. En este sentido, los indicadores propuestos sirven para identificar y caracterizar la IE proveedora de este tipo de servicios.

Asimismo, los datos obtenidos de los indicadores son relevantes en el estudio de los SEU culturales, dado que parte de estos servicios dependen de las características analizadas. En este sentido, los resultados permiten, en las sucesivas etapas de investigación, valorar los servicios ofrecidos por esta infraestructura, de modo tal de generar la información necesaria para elaborar estrategias de gestión sustentable de los mismos.

## PERSPECTIVA CONCEPTUAL

El concepto de IE, también llamada infraestructura verde (Benedict y McMahon, 2006; European Environment Agency, 2011), incorpora una visión holística y sistémica de los espacios verdes urbanos. El enfoque apunta a la multifuncionalidad y a la conectividad de estos espacios con énfasis en su rol en la provisión de diversos SEU. Además, las IE son consideradas estrategias de conservación inteligentes que abordan los impactos ecológicos y sociales de la expansión urbana y la fragmentación de los ecosistemas, por lo que contribuyen a la sustentabilidad y a la resiliencia urbana.

Por otra parte, el enfoque de SEU (Gómez-Baggethun *et al.*, 2013) vincula el estado de la IE con la calidad de vida urbana e integra diferentes tipos de conocimiento, por lo que se espera que sirva para orientar la toma de decisiones en el territorio. Dentro del conjunto de SEU, los culturales han sido definidos como los beneficios no materiales que se obtienen de los ecosistemas a través del enriquecimiento espiritual, el desarrollo cognitivo, la reflexión, la recreación

y las experiencias estéticas (MEA, 2005). Estos comprenden diversos servicios, cuyo aporte sobre la calidad de vida de la población es indiscutido (Tabla 1). Sin embargo, de acuerdo con diversos autores (Coles y Bussey, 2000; European Environment Agency, 2011; Reyes Päckke y Figueroa Aldunce, 2010), la magnitud de la eficiencia con que las IE los proveen depende en parte de sus características en términos de tamaño, distribución, accesibilidad, conectividad y diseño asociado a diferentes clases de servicios, lo que motiva la selección de indicadores que se presentan en este capítulo.

**Tabla 1.** Clasificación en grupos y clases de servicios ecosistémicos culturales.

	DIVISIÓN	GRUPOS	CLASES Y EJEMPLOS
Servicios ecosistémicos culturales  Beneficios no materiales que se obtienen de los ecosistemas a través del enriquecimiento espiritual, el desarrollo cognitivo, la reflexión, la recreación y las experiencias estéticas.	Interacciones directas o "in-situ" (dependen de la presencia de la persona en el entorno)	Interacciones físicas	- <b>Interacciones activas.</b> Ej. Oportunidades para la realización de actividad física. - <b>Interacciones pasivas.</b> Ej. Especies de interés para observadores de la vida silvestre.
		Interacciones intelectuales	- <b>Investigación:</b> Oportunidades para la investigación científica. - <b>Enseñanza:</b> Oportunidades para la educación - <b>Conocimiento local y herencia cultural:</b> Sitios naturales relevantes en términos de cultura o patrimonio -Experiencias estéticas
	Interacciones indirectas o remotas (no requieren la presencia de la persona en el entorno)	Interacciones espirituales y/o simbólicas	-Interacciones de índole simbólica -Interacciones de índole sagrada y/o religiosa -Elementos de los sistemas vivos utilizados para entretenimiento
Otras interacciones sin valor de uso		-Valor de existencia -Legado para generaciones futuras	

**Fuente.** Elaboración propia basada en Haines-Young y Potschin (2018).

## ¿CUÁLES FUERON LAS CONCLUSIONES?

A partir de los antecedentes mencionados, la investigación evalúa cuatro características de la IE en la ciudad de Mar del Plata y su periurbano: superficie, distribución, proximidad a los usuarios y conectividad estructural. Los resultados evidencian amplias diferencias al interior del área de estudio, tanto en términos de superficie de los espacios verdes como de distribución y proximidad a los usuarios, lo que sugiere un posible desequilibrio en el acceso de la población a los SEU culturales.

Por otra parte, el estudio demuestra que la superficie individual de los espacios verdes públicos resulta un condicionante para el aprovechamiento de dichos servicios dentro del área analizada. Dado que la mayor parte de estos espacios presentan tamaño reducido, las posibilidades de usos de recreación y deportivos se encuentran limitadas.

Finalmente, se observa una escasa conectividad entre estos espacios al interior de la ciudad, demostrando que la costa marítima es el único corredor verde de escala urbana. Sin embargo, se identificaron otros espacios que, por sus características, podrían transformarse en corredores verdes a partir de una estrategia de planificación de la IE.

## ¿QUÉ RESULTADOS SE OBTUVIERON?

El estudio identificó un total de 256 espacios verdes públicos en el área de estudio, de los cuales la mayor parte son plazas barriales de entre 0,1 y 3,5 ha. En menor medida se identificaron plazas y parques urbanos (entre 3,5 y 10 ha) y parques grandes y áreas de reserva natural (superficie mayor a 10 ha) (Tabla 2).

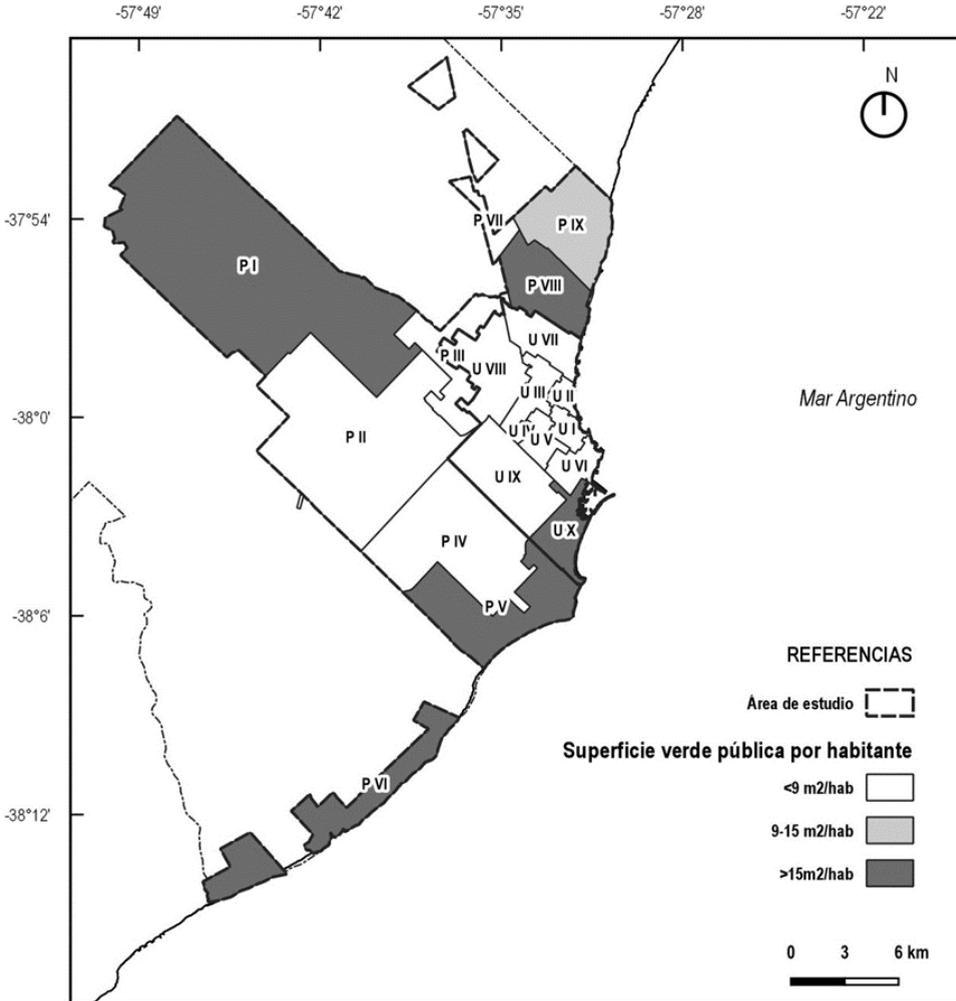
**Tabla 2.** Superficie de los espacios verdes públicos.

INDICADOR	RESULTADO	SUP (HA)	PORCENTAJE DE LA SUPERFICIE VERDE PÚBLICA TOTAL (%)
1.1-Número de plazas barriales (0,1 - 3,5 ha)	234	16 6,73	13,15
En área urbana	149		
En área periurbana	85		
1.2-Número de plazas y parques urbanos (3,5 - 10 ha)	14	71,36	5,63
En área urbana	12		
En área periurbana	2		
1.3-Número de grandes parques y áreas de reserva (mayores a 10 ha)	8	1.030,02	81,22
En área urbana	3		
En área periurbana	5		
<i>Total</i>	256	1.268,11	100

**Fuente.** Elaboración propia.

La representación espacial en un Sistema de Información Geográfica (SIG), muestra que los parques y las plazas urbanas se concentran en cercanía al centro de la ciudad y sobre la costa marítima, mientras que, al alejarse de estas zonas, los espacios verdes públicos adquieren un tamaño más reducido y se localizan de forma dispersa.

Al analizar la superficie total de los espacios verdes públicos en relación con el número de habitantes, se observa que el área de estudio cuenta con 20,23 m<sup>2</sup> de superficie verde pública por habitante. Sin embargo, al aplicar este indicador en zonas diferenciadas dentro del área de estudio, este valor varía ampliamente con sólo cinco que superan los 15 m<sup>2</sup>/habitante y una que se ubica en el rango de entre 9 y 15 m<sup>2</sup>/habitante (Figura 1).



**Figura 1.** Superficie verde pública por habitante.

**Fuente.** Elaboración propia.

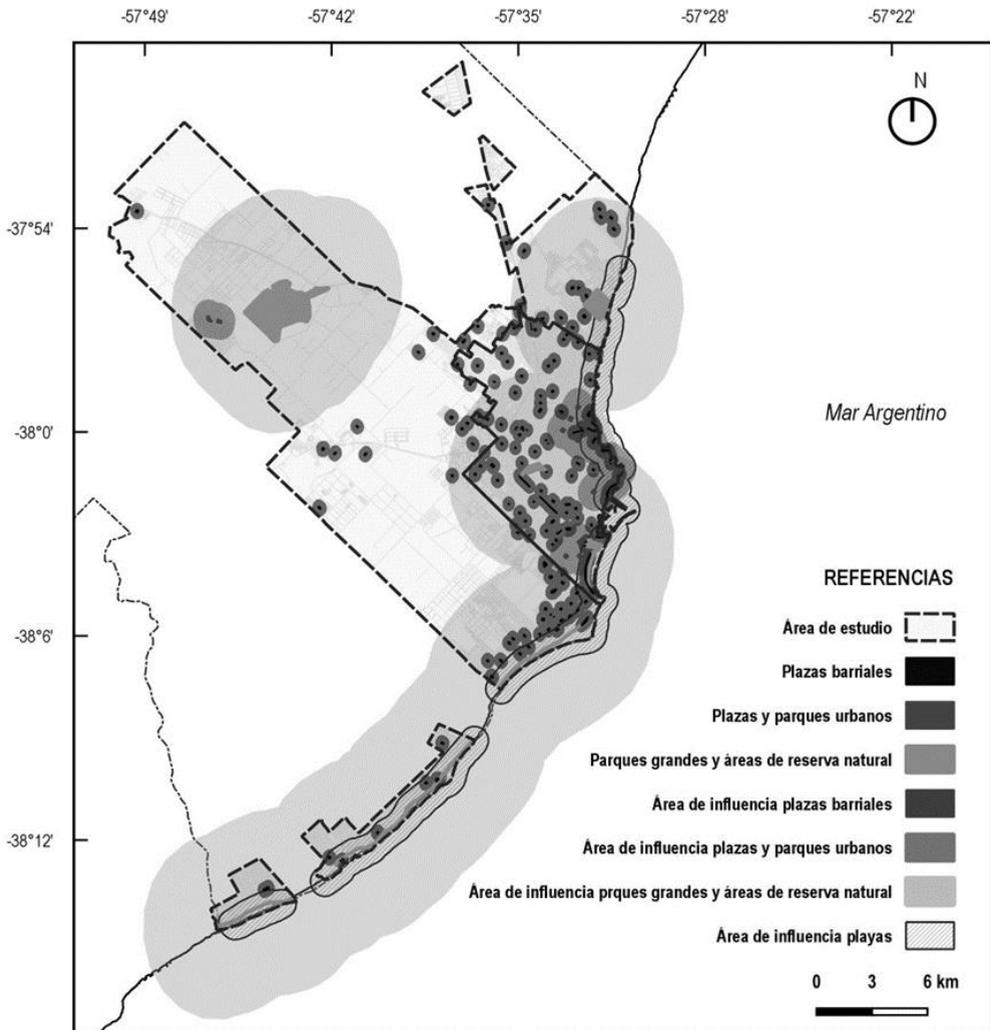
Adicionalmente, se analizó la participación de cada una de dichas zonas en la superficie total de áreas verdes públicas del área de estudio. El análisis refuerza los datos obtenidos previamente, demostrando la existencia de una alta concentración de los espacios verdes en el centro de la ciudad, sobre la costa marítima y en una zona del periurbano (PI).

Por otra parte, la proximidad de la IE a los usuarios se relaciona directamente con su superficie y distribución, dado que existe una relación directa entre el tamaño y el área de servicio de dichos espacios. Es este sentido, considerando las áreas de influencia de cada tipo de espacio verde público y playas (Figura 2), el trabajo evidenció que la mayor cobertura se presenta en los grandes parques y áreas de reserva natural. Por el contrario, es muy bajo el porcentaje de población que habita en cercanía a espacios verdes públicos de escala urbana y barrial, y por lo tanto, el que posee cobertura simultánea de los distintos tipos de espacios analizados (Tabla 2).

**Tabla 2.** Proximidad a espacios verdes públicos, playas y costa marítima.

INDICADOR	RESULTADO (%) Porcentaje de la población que reside dentro del área de influencia
3.1- Proximidad a plazas barriales	51,96
3.2- Proximidad a plazas y parques urbanos	21,26
3.3- Proximidad a parques grandes y/o áreas de reserva.	83,22
3.4-Proximidad simultánea a espacios verdes públicos	7,90
3.5- Proximidad a playas	15,95
3.6- Proximidad a la costa marítima	16,07

**Fuente.** Elaboración propia



**Figura 2.** Proximidad a espacios verdes públicos y playas.

**Fuente.** Elaboración propia.

Finalmente, en referencia a la conectividad entre los espacios que comprenden la IE, se identificaron las rutas 11 y 226 como los principales corredores de escala regional. Asimismo, la costa marítima conforma un importantísimo corredor verde de escala urbana y se identificaron, además, algunos espacios que, por sus características, podrían transformarse en corredores verdes.

## ¿CÓMO SE OBTUVIERON LOS RESULTADOS?

### **Selección de los indicadores**

En primer lugar, se construyó una serie de indicadores ambientales ordenados en cuatro categorías, de acuerdo con las características de la IE a evaluar: superficie, distribución, proximidad a los usuarios y conectividad estructural (Tabla 3).

Para ello, se consultaron experiencias y resultados del uso de indicadores en relación con la IE y sus componentes en el ámbito internacional, nacional y local y se seleccionaron aquellos útiles para evaluar las características mencionadas. Se priorizaron aquellos indicadores más utilizados de manera de poder comparar los resultados con los de otras ciudades. Cuando esto no fue posible, se adaptaron indicadores a las particularidades de la ciudad de Mar del Plata.

Para cada indicador se realizó una ficha metodológica basada en la propuesta de Quiroga Martínez (2009), indicando nombre, descripción, relevancia, definición de las variables, método de cálculo, alcance, limitaciones, cobertura o escalas y fuente de los datos.

**Tabla 3.** Indicadores ambientales.

	NOMBRE	DESCRIPCIÓN
Superficie	1.1-Número de plazas barriales	El indicador informa la cantidad de plazas de entre 0,1 y 3,5 ha de superficie existentes en el área de estudio.
	1.2-Número de plazas y parques urbanos	El indicador informa la cantidad de plazas y parques de entre 3,5 y 10 ha de superficie existentes en el área de estudio.
	1.3-Número de grandes parques y áreas de reserva natural	El indicador informa la cantidad de parques y áreas de reserva de superficie mayor a 10 ha existentes en el área de estudio.
	1.4- Superficie verde pública por habitante	El indicador mide la extensión de las áreas verdes públicas existentes y la relación con el número de habitantes.
Distrib.	2.1-Distribución de la superficie verde pública	El indicador mide la participación de cada zona en la superficie total de áreas verdes públicas del área de estudio.
Proximidad a los usuarios	3.1- Proximidad a plazas barriales	El indicador muestra el porcentaje de población que vive a 300m o menos de una plaza barrial.
	3.2- Proximidad a plazas y parques urbanos	El indicador muestra el porcentaje de población que vive a 750m o menos de una plaza o parque urbano.
	3.3- Proximidad a parques grandes y/o áreas de reserva natural.	El indicador muestra el porcentaje de población que vive a 4km o menos de un parque grande y/o área de reserva natural.
	3.4- Proximidad simultánea a espacios verdes públicos	El indicador muestra el porcentaje de población que vive en proximidad a un espacio verde público de cada una de las tres tipologías analizadas en los indicadores 3.1, 3.2 y 3.3.
	3.5- Proximidad a playas	El indicador muestra el porcentaje de población que vive a 750m o menos de una playa.
	3.6- Proximidad a costa marítima	El indicador muestra el porcentaje de población que vive a 750m o menos de la costa marítima.

Conectividad	4.1- Corredores verdes	El indicador evalúa el porcentaje de tramos de calle con potencial para transformarse en corredores verdes en relación con los tramos totales.
--------------	------------------------	--

**Fuente.** Elaboración propia.

### **Utilización de capas vectoriales: construcción de una base de datos georreferenciada para la aplicación de los indicadores**

Los indicadores que se presentan en este capítulo se calcularon utilizando herramientas vectoriales en el SIG de acceso libre QGis.

Por lo tanto, en la primera etapa de investigación se construyó una base de datos georreferenciada de la IE en el área de estudio con capas vectoriales para cada uno de los componentes de dicha infraestructura. Esta base de datos fue realizada sobre la capa vectorial del manzanero de la ciudad de Mar del Plata provista por la página web del Gobierno de la Provincia de Buenos Aires y se utilizaron como fuentes el Código de Ordenamiento Territorial del Partido de General Pueyrredon, el listado de espacios verdes públicos disponible en la página web del Municipio, información provista por el IHAM e imágenes satelitales de Google Earth de abril de 2017.

Luego, dado que el cálculo de algunos de los indicadores (1.1, 1.2, 1.3, 1.4 y 2.1) requería que se delimitasen zonas de análisis dentro del área de estudio, estas se definieron sobre la base de la delimitación de barrios empleada por el Municipio de General Pueyrredon utilizando el mismo SIG.

En el área urbana, las zonas surgen de agrupar aquellos barrios que pueden ser considerados relativamente homogéneos en cuanto a trazado, tejido y calidad de vida. Para ello, el trazado y el tejido fueron analizados sobre la imagen satelital

provista por Google Earth, mientras que los datos acerca de calidad de vida se tomaron del indicador de calidad de vida elaborado por Lucero *et al.* (2011). Para la definición de zonas en el periurbano, se agruparon aquellos considerados relativamente homogéneos relativos a la calidad de vida.

En ambos casos, los límites de las zonas se ajustaron a los límites de los radios censales con el objetivo de utilizar datos poblacionales provistos por el Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas en el desarrollo de la investigación. Quedaron así definidas, diez zonas dentro del área urbana y nueve en el periurbano.

### **Cálculo de los indicadores**

#### **1) *Indicadores de Superficie***

Los indicadores 1.1, 1.2 y 1.3 informan la cantidad de espacios verdes públicos por zona, clasificándolos de acuerdo a su tamaño:

- Plaza barrial: entre 0,1 y 3,5 ha
- Plazas y parques urbanos: entre 3,5 y 10 ha
- Parques grandes y áreas de reserva natural: superficie mayor a 10 ha

Para su cálculo se utilizó la herramienta calculadora de campos. El resultado corresponde al número de objetos existentes dentro del área de cobertura de cada indicador.

El indicador 1.4 relaciona la superficie de los espacios verdes públicos con la cantidad de habitantes. Utilizando nuevamente la calculadora de campos, se calcularon y sumaron las superficies de cada uno de ellas. Luego, la superficie total de áreas verdes públicas, se divide por la cantidad de habitantes correspondientes al área considerada. El resultado se expresa en m<sup>2</sup>/hab.

$$\text{Superficie verde pública por habitante} = \frac{\text{Área verde pública total (m}^2\text{)}}{\text{N}^\circ \text{ de habitantes}}$$

## 2) *Indicador de Distribución*

El indicador 2.1 mide la participación de cada zona en la superficie total de áreas verdes públicos del área. Sobre la base de información obtenida de los indicadores de superficie, el indicador se calculó como el porcentaje de áreas verdes públicas totales que pertenece a cada zona.

## 3) *Indicadores de Proximidad*

Los indicadores de proximidad han sido utilizados por diversas iniciativas de gobiernos locales (Agencia de Ecología Urbana de Barcelona, 2010; Ministerio de Desarrollo Urbano Buenos Aires, 2010) y trabajos de investigación (Reyes Pácke y Figueroa Aldunce, 2010) para establecer el acceso de la población a determinados servicios públicos básicos.

En este caso, para evaluar la proximidad a la IE, se trazó el área de influencia correspondiente a cada tipo de espacio a analizar y se seleccionaron los radios censales interceptados por estas. El resultado de cada indicador surge de calcular los porcentajes de población que habitan dentro de dichos radios con respecto a la población total del área de estudio.

## 4) *Indicador de Conectividad*

Para evaluar la conectividad, se utilizó un indicador que evalúa el porcentaje de tramos de calle que son considerados corredores verdes, en relación a los tramos totales. Para calcular el indicador, se utilizó la base de datos georreferenciada con las capas correspondientes a los corredores verdes y al viario del área de estudio, con cuyos datos se obtuvieron las superficies de los mismos en m<sup>2</sup>. El indicador se calcula de acuerdo con la siguiente expresión:

$$\frac{\text{Corredores verdes urbanos (m}^2\text{)} \times 100\%}{\text{Tramos totales de viario (m}^2\text{)}}$$

Dado que en la ciudad de Mar del Plata no existen corredores verdes planificados, para el cálculo de este indicador se consideraron todos los parques de forma lineal y los tramos de viario que presentan continuidad del verde en superficie (permeabilidad del suelo) y posibilidad de conexión verde en altura (presencia o posibilidad de plantar arbolado urbano), es decir aquellos con posibilidades de transformarse en corredores verdes.

## REFLEXIONES METODOLÓGICAS

El principal aporte del estudio es la construcción de información sistematizada sobre la IE proveedora de SEU en el área de estudio. Esto fue posible con la aplicación de tecnologías de información geográfica a través del uso del software libre Qgis, que permitió organizar distintos tipos de datos de manera sistematizada. Los sistemas vectoriales utilizados tienen la ventaja de que permiten unir una base de datos geográficos con una base de datos temática (generalmente en forma de tabla), de manera tal que es posible combinar la representación de objetos geográficos junto con sus características espaciales con otro tipo de datos, como por ejemplo los resultados del Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas. Mas allá de estos aportes, los resultados de población obtenidos para los indicadores de proximidad son estimativos ya que en el procedimiento se asume una distribución uniforme en los radios censales considerados, cuando en la realidad generalmente no es así.

Por otra parte, los indicadores utilizados en este estudio permitieron evaluar algunos de los atributos de la IE relacionados con la provisión de SEU culturales. Las características analizadas son particularmente relevantes en aquellos SEU culturales que requieren de interacciones directas entre las personas y los espacios verdes, tales como las oportunidades para la realización de actividad física o las interacciones intelectuales. Sin embargo, los SEU culturales son altamente dependientes del lugar en que se generan, por lo cual al analizar los servicios que ofrece la IE existe un sesgo metodológico que hace necesario

contrastar los resultados obtenidos con otras metodologías. No obstante, más allá de esta limitación, la investigación proporciona una base de información necesaria para analizar la capacidad de la IE para proveer servicios culturales en investigaciones en curso.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agencia de Ecología Urbana de Barcelona (2010). *Sistema de indicadores y condicionantes para ciudades grandes y medianas*. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, Gobierno de España. Recuperado de [https://www.mitma.gob.es/recursos\\_mfom/pdf/3093A86A-128B-4F4D-8800-BE9A76D1D264/111504/INDI\\_CIU\\_G\\_Y\\_M\\_tcm7177731.pdf](https://www.mitma.gob.es/recursos_mfom/pdf/3093A86A-128B-4F4D-8800-BE9A76D1D264/111504/INDI_CIU_G_Y_M_tcm7177731.pdf)
- Benedict, M.A. y McMahon, E.T. (2006). *Green Infrastructure: Linking Landscapes and Communities*. Washington: Island press.
- Braat, L. C. & de Groot, R. (2012). The ecosystem services agenda: bridging the worlds of natural science and economics, conservation and development, and public and private policy. *Ecosystem Services*, 1(1): 4-15.
- Coles, R.W. & Bussey, S.C. (2000). Urban forest landscapes in the UK - Progressing the social agenda. *Landscape and Urban Planning*, 52(2-3): 181-188
- European Environment Agency. (2011). *Green infrastructure and territorial cohesion: The concept of green infrastructure and its integration into policies using monitoring systems*. EEA Technical Report. Luxembourg: Publications Office of the European Union.
- Ferraro, R., Zulaica, L., y Echechuri, H. (2013). Perspectivas de abordaje y caracterización del periurbano de Mar del Plata, Argentina. *Revista Letras Verdes*, 13: 19-40.
- Gómez-Baggethun, E., Gren, Å., Barton, D.N., Langemeyer, J., McPhearson, T., O'Farrell, P., Andersson, E., Hamstead, Z. & Kremer, P. (2013). Chapter 11: Urban Ecosystem Services. En T. Elmqvist, M. Fragkias, J. Goodness, B. Guneralp, P. Marcotullio, R. McDonald, S. Parnell, M. Schewenius, M. Sendstad, K. C. Seto & C. Wilkinson (Eds.) *Urbanization, Biodiversity and Ecosystem Services: Challenges and Opportunities: A Global Assessment*, pp. 175-251. Springer. Recuperado de [https://doi.org/10.1007/978-94-007-7088-1\\_11](https://doi.org/10.1007/978-94-007-7088-1_11)

- Haines-Young, R. & Potschin, M.B. (2018). *Common International Classification of Ecosystem Services (CICES) V5.1 and Guidance on the Application of the Revised Structure*. European Environment Agency. Recuperado de <https://cices.eu/resources/>
- Karis, C.M. (2019). *Caracterización de la Infraestructura Ecológica de la ciudad de Mar del Plata y su capacidad para proveer Servicios Ecosistémicos Culturales* (Tesis de Maestría en Gestión Ambiental del Desarrollo Urbano). Mar del Plata: FAUD, Universidad Nacional de Mar del Plata, Mar del Plata.
- Karis, C. M., y Ferraro, R. F. (2020). Servicios Ecosistémicos Culturales en Mar del Plata (Argentina). Aportes al estudio de las relaciones entre espacios verdes y calidad de vida a partir de indicadores ambientales. En prensa.
- Karis, C.M., Mujica, C.M. y Ferraro, R. (2019). Indicadores ambientales y gestión urbana. Relaciones entre Servicios Ecosistémicos Urbanos y Sustentabilidad. *Cuaderno Urbano. Espacio, Cultura, Sociedad*, 27: 9-30.
- Lucero, P.I., Riviére, I.M., Sagua, M.C., Mikkelsen, C.A., Ares, S.E., Aveni, S.M. y Sabuda, F.G. (2011). *Atlas Socio-territorial de Mar del Plata y el Partido de General Pueyrredon*. MEA. (2005). *Ecosystems and Human Well-being: Biodiversity Synthesis*. Washington DC: Island Press.
- Ministerio de Desarrollo Urbano Buenos Aires. (2010). *Atlas II. Atlas de Indicadores de Desarrollo Urbano de la Ciudad de Buenos Aires*. Recuperado de [http://cdn2.buenosaires.gob.ar/planeamiento/atlas\\_ii\\_final.pdf](http://cdn2.buenosaires.gob.ar/planeamiento/atlas_ii_final.pdf)
- Quiroga Martínez, R. (2009). *Guía metodológica para desarrollar indicadores ambientales y de desarrollo sostenible en países de América Latina y el Caribe*. Santiago de Chile: CEPAL.
- Reyes Päcké, S., & Figueroa Aldunce, I. M. (2010). Distribución, superficie y accesibilidad de las áreas verdes en Santiago de Chile. *Eure*, 36(109): 89-110.
- Tzoulas, K., Korpela, K., Venn, S., Yli-pelkonen, V., Ka, A., Niemela, J. & James, P. (2007). Promoting ecosystem and human health in urban areas using Green Infrastructure : A literature review. *Landscape and urban planning*, 81: 167-178.



## 7. Evaluación multicriterio aplicada al riesgo de contaminación de acuíferos

[gabicalderon.arq@gmail.com](mailto:gabicalderon.arq@gmail.com) (\*)

[lourlimas@gmail.com](mailto:lourlimas@gmail.com) (\*\*)

[asuncionromanelli@gmail.com](mailto:asuncionromanelli@gmail.com) (\*\*\*)

[massoneh@gmail.com](mailto:massoneh@gmail.com) (\*\*\*\*)

- (\*) Gabriela Calderon Dra. en Ordenamiento Territorial y Desarrollo Sostenible, Arquitecta. Becaria Posdoctoral del CONICET, IHAM FAUD UNMdP.
- (\*\*) María Lourdes Lima Dra. en Ingeniería, Máster en Planificación y Gestión de Recursos Hídricos, Ingeniera Ambiental. Investigadora Adjunta del CONICET, IGCyC, FCEyN, UNMdP/CIC.
- (\*\*\*) Asunción Romanelli Dra. en Ciencias Biológicas, Licenciada en Ciencias Biológicas, Investigadora Adjunta del CONICET, IIMyC, CONICET/UNMdP e IGCyC, FCEyN, UNMdP/CIC.
- (\*\*\*\*) Héctor E. Massone Dr. en Cs. Naturales, MSc en Gestión Ambiental del Desarrollo Urbano, Geólogo. Director del grupo de investigación Hidrogeología, IGCyC, FCEyN, UNMdP/CIC.

El presente capítulo expone resultados de una investigación que evaluó el riesgo de contaminación del agua subterránea en un área de interfase urbano-rural de la ciudad de Mar del Plata mediante el uso de herramientas de análisis de decisión multicriterio. Partiendo de la perspectiva del riesgo, se diseñó un modelo combinando la peligrosidad de contaminación del acuífero y la vulnerabilidad social de la población expuesta. El objetivo de este modelo,

basado en criterios naturales y socioeconómicos, fue establecer áreas prioritarias para la gestión del agua subterránea, así como definir recomendaciones para minimizar dicho riesgo en el sector periurbano oeste de la ciudad.

En este sentido, el estudio se vincula tanto al ODS 6, tendiente a garantizar la disponibilidad y la gestión sostenible del agua y el saneamiento para todos; como al ODS 11, que propone lograr ciudades y asentamientos humanos inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles, aportando indicadores e índices de sustentabilidad. El artículo publicado por Lima *et al.* (2019) en *Environmental Monitoring and Assessment* sirvió de partida para este capítulo.

## ÁREA DE ESTUDIO

Para desarrollar esta investigación se seleccionó un territorio concreto: el área serrana del Partido de General Pueyrredon (PGP) la cual constituye el 30,12 % (102,63 km<sup>2</sup>) del periurbano de Mar del Plata y está fuertemente vinculada a esta ciudad a través de la Ruta Nacional N° 226. Además, se inserta en el segundo cinturón hortícola más importante del país en cuanto a superficie cultivada (cerca de 10.000 Ha.) (Fernández Lozano, 2012). Este territorio está integrado por asentamientos de diversas características socioeconómicas con aproximadamente 7.000 habitantes permanentes según el Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas 2010 (INDEC, 2013). Asimismo, se localiza en un ámbito de sierras y lagunas, con potencialidades tales como: el alto valor paisajístico que le otorga el Sistema Serrano de Tandilia; la biodiversidad comprendida en el área de Reserva Natural Laguna de Los Padres; la disponibilidad y calidad de recursos hídricos y edáficos; el desarrollo de usos residenciales, turísticos, recreativos y productivos (agricultura extensiva e intensiva, principalmente frutihortícola pero también avícola).

Por otro lado, la contaminación del agua subterránea resulta potencialmente crítica si se tiene en cuenta: a) la falta de red de desagües cloacales en toda la

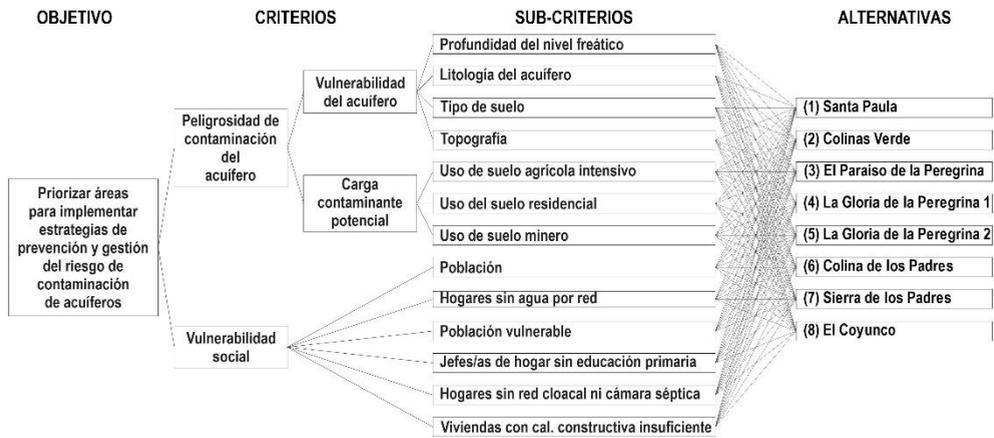
zona; b) el uso inadecuado de fertilizantes y agroquímicos en los cultivos (De Gerónimo *et al.*, 2014; Baccaro *et al.*, 2006; Bedmar *et al.*, 2015); c) aproximadamente el 75% de la población del área no cuenta con el servicio de agua por red (INDEC, 2013); d) el agua para consumo humano se extrae de pozos que, en algunos casos, no reúnen los requisitos en cuanto a calidad de construcción, profundidad y distancia de los pozos ciegos, cámaras sépticas o corrales de encierro de animales; e) en muchos casos, el agua no recibe ningún tratamiento de potabilización previo al consumo; f) se trata de un acuífero libre que es la única fuente de abastecimiento para todo uso en el PGP y el área de estudio forma parte del área de recarga regional (Romanelli, 2012).

## ¿PARA QUÉ SE REALIZA LA INVESTIGACIÓN?

En países del Sur Global existen fuertes conflictos entre los objetivos de desarrollo económico y los objetivos ambientales. Además, la incapacidad para implementar políticas ambientales también está relacionada con la discontinuidad de estas políticas, la falta de incentivos y los escasos recursos humanos e infraestructura. Por otro lado, en estos países, el crecimiento poblacional sobre áreas periurbanas resulta en serias presiones sobre los recursos hídricos, las cuales se enmarcan en una deficiente gestión del agua.

Los problemas de decisión de tipo territorial, como la gestión del riesgo de contaminación de acuíferos, suelen implicar un amplio conjunto de alternativas y criterios de evaluación múltiples, conflictivos e incommensurables. En este sentido, el Análisis de Decisión Multicriterio (ADM) se ha convertido en una de las metodologías más utilizadas para el soporte a la toma de decisiones espaciales (Ferretti y Montibeller, 2016; Della Spina, 2016). El ADM proporciona una gran variedad de técnicas y procedimientos para estructurar problemas de decisión relacionados con sistemas biofísicos y socioeconómicos, así como para diseñar, evaluar y priorizar decisiones alternativas (Karimipour *et al.*, 2005; Zeng y Trauth, 2005; Malczewski, 2006; Zhang y Huang, 2011).

Partiendo de esta metodología, en el modelo de decisión multicriterio se definieron criterios y subcriterios a fin de priorizar áreas para la implementación de estrategias para la prevención y gestión del riesgo de contaminación de acuíferos (Figura 1).



**Figura 1.** Estructura del modelo de decisión multicriterio para la gestión del riesgo de contaminación de acuíferos en el área serrana del PGP.

**Fuente:** Elaboración propia.

## PERSPECTIVA CONCEPTUAL

La presente investigación se inserta en la perspectiva del riesgo, el cual puede entenderse a partir de la interacción entre una amenaza o peligrosidad y el daño que ésta ocasiona. Por un lado, la peligrosidad se define como la probabilidad (o posibilidad) de que ocurra, en determinado tiempo y espacio, un evento natural o antrópico potencialmente dañino. El daño, por otro lado, implica una pérdida en vidas, salud, bienes, una afectación (directa o indirecta, tangible o intangible) y está en relación estrecha con la vulnerabilidad de la población, es decir, con las características propias de esa población que la predisponen a sufrir daños en diversos grados (Massone, 2013; Cardona, 2001).

En este sentido, el riesgo de contaminación del agua subterránea resulta de la combinación de la peligrosidad que ocurra un evento de contaminación del acuífero y el daño que éste puede producir. A diferencia de otros procesos naturales, no se trata de un proceso recurrente (como el caso de las inundaciones, por ejemplo) sino que la mayoría de las veces responde a eventos que pueden ser puntuales o difusos, tanto en el tiempo como en el espacio (Massone, 2013). Dicho peligro se refiere a la probabilidad de que el agua subterránea se contamine en concentraciones que superen los valores máximos admisibles para consumo humano. Esto ocurre cuando la carga de contaminantes sobre el suelo, generados por descargas o lixiviados de actividades urbanas, industriales, agrícolas o mineras, no es controlada adecuadamente, y en ciertos componentes excede la capacidad natural de atenuación del suelo y de los estratos subyacentes (Foster *et al.*, 2002). La peligrosidad estará dada entonces por la vulnerabilidad intrínseca del acuífero a la contaminación y la carga contaminante.

La primera es consecuencia de las características naturales del acuífero y de los estratos que lo separan de la superficie del suelo, es decir, está determinada esencialmente por el entorno hidrogeológico natural. En este sentido, la Zona No Saturada (ZNS) merece especial atención ya que ella representa la primera y más importante defensa natural contra la contaminación del agua subterránea (Romanelli, 2012). Por el otro lado, la carga contaminante (real o potencial, puntual o difusa), que se aplica o podría ser aplicada en la superficie, es resultado de la actividad humana y puede estimarse a partir de los usos del suelo (Foster *et al.*, 2002; Massone, 2013).

## ¿CUÁLES FUERON LAS CONCLUSIONES?

El modelo de decisión multicriterio, desarrollado por un equipo multidisciplinario, contempló indicadores del medio físico-natural y de vulnerabilidad social relacionados con la contaminación del agua subterránea en

áreas complejas desde el punto de vista socio-ecológico como los son las áreas de interfase urbano-rural. Este modelo permitió establecer un ranking de prioridades e identificar criterios y subcriterios para proponer medidas de gestión para mitigar el riesgo de contaminación de acuíferos.

La priorización de alternativas (unidad territorial de análisis) (de muy alta a muy baja) contribuye a la toma de decisión y esto resulta de gran importancia en países del Sur Global, donde los gobiernos cuentan con limitados recursos económicos. En ese sentido, el modelo contribuye a determinar, de manera objetiva, por dónde empezar a prevenir este riesgo. Asimismo, la planificación y gestión ambiental sobre una base científica son fundamentales para alcanzar el desarrollo sostenible.

Las alternativas clasificadas como de muy alta prioridad (El Paraíso de la Peregrina y Santa Paula) son aquellas que requerirán una intervención en un horizonte temporal de corto plazo, mientras que las clases de baja y muy baja prioridad (La Gloria de la Peregrina 1, El Coyunco y Colinas Verdes) deben ser monitoreadas para evitar su cambio a una peor situación.

## ¿QUÉ RESULTADOS SE OBTUVIERON?

En cuanto a los resultados obtenidos a partir del modelo propuesto, cuatro de las ocho alternativas se ubicaron en las categorías de prioridad muy alta a alta para la implementación de estrategias de protección de las aguas subterráneas (Figura 2). Las alternativas en las categorías de prioridad muy alta a alta fueron: El Paraíso (3), Santa Paula (1), La Gloria de la Peregrina 2 (5) y Sierra de Los Padres (7). La alternativa Colina de Los Padres (6) obtuvo la categoría moderada, mientras que La Gloria de la Peregrina 1 (4), Colinas Verdes (2), El Coyunco (8) obtuvieron las categorías baja y muy baja. Los puntajes de prioridad en este modelo variaron de 0.070 a 0.161 (muy baja a muy alta, respectivamente).

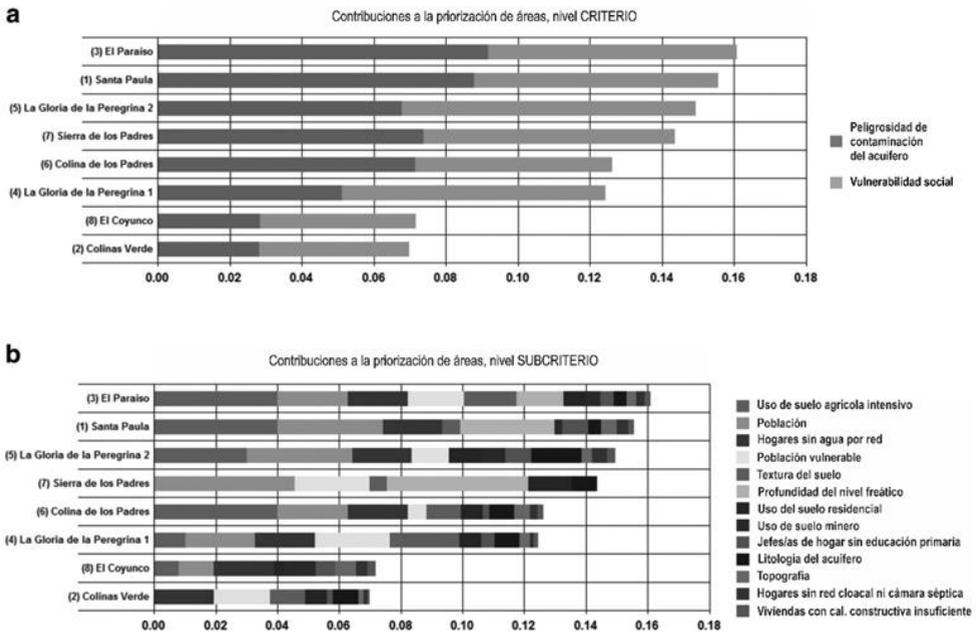
Con respecto a la contribución de cada criterio a los resultados, la prioridad muy alta está determinada por el criterio de peligrosidad de contaminación del acuífero. Para estas alternativas (El Paraíso de la Peregrina y Santa Paula), se recomienda aumentar el control en cuanto a la aplicación de agroquímicos, así como promover la conversión del modelo tradicional de producción hacia las buenas prácticas agrícolas y la implementación de cargos por contaminación. Por otro lado, para la prioridad alta la contribución de ambos criterios es muy similar.

En tal sentido, se propone, además, fortalecer las capacidades de la población y las herramientas de comunicación entre la sociedad civil y los organismos de gestión del agua. En el caso de Sierra de Los Padres, se recomienda fomentar la autoconstrucción de sistemas de tratamiento de aguas residuales domiciliarias, como zanjas drenantes o lechos filtrantes. Con respecto a la prioridad moderada (Colina de Los Padres), la principal contribución está dada por el peligro de contaminación del acuífero. Por lo tanto, se recomienda implementar los mismos instrumentos a aplicar en la alta prioridad, pero considerando un horizonte temporal a largo plazo. Por último, el criterio de vulnerabilidad social predomina en las categorías de baja y muy baja prioridad (La Gloria de la Peregrina 1, El Coyunco y Colinas Verdes), por lo que se recomienda fortalecer las capacidades de respuesta de la población.

Los subcriterios que determinaron las prioridades muy alta y alta fueron: el *uso del suelo agrícola* (que varía entre 27 y 69%), seguido de la *población* (735 a 1672 habitantes) y la *profundidad del nivel freático* (menor o igual a 10 m). Esto es esperable, si se tiene en cuenta que estos subcriterios recibieron las ponderaciones más altas en el modelo multicriterio, y que se consideran aspectos críticos en la evaluación del riesgo de contaminación de acuíferos. Con respecto al subcriterio *población*, cuanto mayor es el número de habitantes permanentes en dicha área, mayor es la probabilidad de que ocurra un peligro de contaminación. La clasificación como muy prioritaria de la alternativa Sierra

de Los Padres (7) se explica por este hecho, a pesar de ser la única alternativa con agua por red. En cuanto a la prioridad moderada (alternativa 6), *uso de suelo agrícola* (68%) y en menor medida *población* (724 habitantes) fueron los subcriterios que determinaron esta clasificación. Por último, los subcriterios que definieron las prioridades bajas a muy bajas fueron: *población vulnerable* y *hogares sin agua por red*, seguidos por la *población total* y la *textura del suelo*. La contribución de los criterios y subcriterios para priorizar alternativas se muestra en la Figura 3.

**Figura 3.** Contribuciones de los criterios y subcriterios para priorizar alternativas.



Fuente: Elaboración propia.



## ¿CÓMO SE OBTUVIERON LOS RESULTADOS?

El modelo de decisión multicriterio se desarrolló mediante el uso del programa Criterium Decision Plus 4.0 Beta (CDP) y comprendió criterios y subcriterios relevantes para la gestión del agua subterránea. Este programa utiliza una metodología de toma de decisiones propuesta por Thomas L. Saaty en los años setenta: el Proceso de Jerarquía Analítica (*Analytical Hierarchy Process*, AHP). Esta es una herramienta eficaz para estructurar un problema de decisión y ayuda a identificar y ponderar los criterios de selección, analizar los datos recopilados para los criterios y evaluar alternativas de solución. Dicha técnica construye una jerarquía de criterios de decisión y, a través de la comparación por pares de criterios, se produce un peso relativo para cada criterio de decisión. Cada comparación es una pregunta de dos partes que determina qué criterio es más importante y cuánto más importante, utilizando una escala relacional numérica.

El modelo propuesto evaluó el riesgo de contaminación de acuíferos a escala local y se estructuró en dos criterios principales: la peligrosidad de contaminación del acuífero (compuesto por la vulnerabilidad del acuífero y la carga contaminante potencial) y la vulnerabilidad social de la población expuesta. Los radios censales del área serrana del PGP fueron definidos como las unidades de análisis y, en este caso, constituyeron las alternativas (Figura 1). Se identificaron ocho alternativas: Santa Paula (1); Colinas Verdes (2); El Paraíso de la Peregrina (3); La Gloria de la Peregrina 1 (4); La Gloria de la Peregrina 2 (5); Colina de Los Padres (6); Sierra de Los Padres (7); El Coyunco (8).

Los criterios principales fueron desagregados en subcriterios. Por un lado, la peligrosidad de contaminación del acuífero consistió en el análisis del medio físico-natural e incluyó las características del acuífero, la topografía y el tipo de suelo; y también de los usos del suelo vinculados a la carga contaminante potencial basada en el método POSH (*Pollutant Origin and Hydraulic Surchage*; Foster and Hirata 2003). En cuanto a la vulnerabilidad intrínseca del

acuífero, se incluyeron los siguientes indicadores: porcentaje del radio con nivel freático menor a 10 m; porcentaje del radio con suelo no consolidado (limos y limos-arenosos); porcentaje del radio con suelo franco y porcentaje del radio con pendiente menor a 2°. Mientras que para analizar la carga contaminante potencial se tuvieron en cuenta los siguientes indicadores: porcentaje del radio con uso del suelo agrícola intensivo; porcentaje del radio con uso del suelo residencial y porcentaje del radio con uso del suelo minero.

Por otro lado, la evaluación de la vulnerabilidad social incluyó indicadores socioeconómicos, que proporcionaron datos sobre población, educación, pobreza, vivienda y servicios, los cuales permiten caracterizar la población expuesta a la potencial contaminación y su capacidad de adaptación. Los indicadores incluidos fueron los siguientes: número total de habitantes; porcentaje de hogares sin agua por red; porcentaje de personas de 0-4 años y de 65 años o más; porcentaje de jefes/as de hogar que no asiste o asistió a la escuela primaria; porcentaje de hogares sin red cloacal ni cámara séptica; porcentaje de viviendas con calidad constructiva insuficiente. Las Tablas 1 y 2 muestran los indicadores seleccionados para cada subcriterio, así como sus definiciones y las fuentes de información consultadas.

En el diseño del modelo participaron profesionales de las ciencias sociales y naturales, con amplia experiencia en el área de estudio y en contacto directo con los principales actores sociales. Siguiendo la metodología de Saaty, cada experto juzgó la importancia relativa de un criterio frente a cada uno de los demás, mediante el uso de una escala relacional numérica. La Tabla 3 muestra las ponderaciones de los criterios y subcriterios basados en el juicio mencionado anteriormente. Cada subcriterio del modelo se evaluó considerando la peor condición relacionada con el riesgo de contaminación de las aguas subterráneas, por ejemplo, para el subcriterio de profundidad del nivel freático, se consideraron valores inferiores a 10 m.

**Tabla 1.** Indicadores que componen el criterio peligrosidad de contaminación del acuífero.

Subcriterio	Indicador	Descripción	Fuente
Uso del suelo agrícola intensivo	Porcentaje (%) del radio con uso del suelo agrícola intensivo	Se trata de cultivos desarrollados en pequeñas parcelas (especialmente dedicadas a la producción de hortalizas, frutillas, kiwis y plantas ornamentales). Coincide con el cinturón hortícola de la ciudad de Mar del Plata, el segundo más importante del país en cuanto a su tamaño. La aplicación de estiércol y el riego se utilizan para mantener la alta productividad, lo que conduce a problemas de contaminación en el agua subterránea.	Imágenes satelitales, Google Earth PRO v. 7.1.2.2041 (2017) y salidas de campo.
Uso del suelo residencial	Porcentaje (%) del radio con uso del suelo residencial	Incluye viviendas, comercios y establecimientos de alojamiento turístico. Considerando la falta de red cloacal en toda la zona, cuanto mayor sea el área con uso de suelo residencial, mayor será la cantidad de aguas residuales generadas.	
Uso del suelo minero	Porcentaje (%) del radio con uso del suelo minero	Incluye actividades de extracción de suelo para la fabricación de ladrillos, proveedores de la industria de la construcción. El impacto de esta actividad en la economía local no es muy relevante con respecto a otras actividades primarias. Sin embargo, los efectos sobre los recursos naturales son apreciables. Particularmente, esta extracción de suelo disminuye la espesor de la zona no saturada, la principal barrera natural para que los contaminantes no lleguen al agua subterránea.	
Profundidad del nivel freático	Porcentaje (%) del radio con nivel freático menor a 10 m	Se evalúa el espesor de la zona no saturada, es decir, la distancia que el agua debe infiltrar y que puede ir acompañada de cargas contaminantes, al acuífero. Un mayor espesor proporciona una mayor probabilidad de atenuación y un mayor recorrido de los contaminantes potenciales hasta llegar al acuífero.	Salidas de campo para estudios hidrogeológicos (Romanelli <i>et al.</i> , 2014).
Litología del acuífero	Porcentaje (%) del radio con suelo no consolidado, limos y limos-arenosos	Representa las características del acuífero, particularmente la capacidad del medio poroso y/o fracturado para transmitir agua y contaminantes potenciales.	Auge (2004).
Textura del suelo	Porcentaje (%) del radio con suelo franco	La textura del suelo tiene un impacto significativo en la cantidad de infiltración en el suelo y, por lo tanto, en la capacidad de un contaminante para moverse verticalmente hacia la zona no saturada. Los suelos altamente permeables (texturas de suelo franco arenoso a franco) tienen más capacidad de infiltración debido a la alta porosidad y permeabilidad del tipo de suelo.	Base de datos geoespacial de Argentina (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria [INTA], 2008).
Topografía	Porcentaje (%) del radio con pendiente menor a 2°	Determina la pendiente de la superficie topográfica. Es un indicador crítico con un control directo de la escorrentía y, por tanto, de la infiltración/recarga del acuífero y del transporte de potenciales contaminantes por escorrentía superficial.	Modelo Digital de Elevaciones (Shuttle Radar Topography Mission, SRTM).

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 2.** Indicadores que componen el criterio vulnerabilidad social.

Subcriterio	Indicador	Descripción	Fuente
Población	Número total de habitantes	Un mayor número de habitantes supone un mayor riesgo de contaminación del agua dada la existencia de más individuos expuestos.	Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas 2010 (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, [INDEC], 2012)
Hogares sin agua por red	Porcentaje (%) de hogares sin agua por red	Incluye diferentes formas de abastecimiento de agua: perforación con bomba a motor; perforación con bomba manual; pozo; agua de lluvia, río, canal, arroyo o acequia.	
Población vulnerable	Porcentaje (%) de personas de 0-4 años y de más de 65 años	Incluye niños/as de 0 a 4 años y adultos mayores (65 años o más), que también son considerados como medida precautoria. Los altos niveles de nitrato en el agua potable son de especial preocupación para los bebés, pueden causar el "síndrome del bebé azul" y la exposición prolongada podría aumentar los riesgos de ciertos cánceres y defectos de nacimiento.	
Jefes/as de hogar sin educación primaria	Porcentaje (%) de jefes/as de hogar que no asiste o asistió a la escuela primaria	El nivel educativo de los/as jefes/as de hogar es considerado, dado que una persona con menor nivel educativo, y también las personas que están a su cargo, se encuentran en mayor riesgo debido a su ignorancia, falta de habilidades e información para enfrentar problemas de contaminación del agua.	
Hogares sin red cloacal ni cámara séptica	Porcentaje (%) de hogares sin red cloacal ni cámara séptica	Este indicador considera aquellos hogares que no utilizan instalaciones de saneamiento mejoradas (una red de desagües cloacales); es decir, los desagües se eliminan de forma segura <i>in situ</i> o se transportan y tratan fuera del sitio (sólo a pozo ciego, hoyo o excavación en la tierra, etc.).	
Viviendas con calidad constructiva insuficiente	Porcentaje (%) de viviendas con calidad constructiva insuficiente	Este indicador ese refiere a las viviendas sin materiales resistentes, sólidos, ni aislación adecuada (techo de chapa o fibrocemento). A su vez, no disponen de cañerías dentro de las viviendas o inodoro con descarga de agua.	

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 3.** Valores de ponderación para los criterios y subcriterios.

<b>Criterio</b>		<b>Peso</b>	<b>Subcriterio</b>	<b>Peso</b>
<b>Peligrosidad de contaminación del acuífero</b>	Vulnerabilidad del acuífero	0,25	Profundidad del nivel freático	0,092
			Litología del acuífero	0,074
			Tipo de suelo	0,057
			Topografía	0,028
	Carga contaminante potencial	0,25	Uso de suelo agrícola intensivo	0,168
			Uso del suelo residencial	0,056
			Uso de suelo minero	0,025
<b>Vulnerabilidad social</b>		0,50	Población	0,193
			Hogares sin agua por red	0,135
			Población vulnerable	0,103
			Jefes/as de hogar sin educación primaria	0,037
			Hogares sin red cloacal ni cámara séptica	0,020
			Viviendas con calidad constructiva insuficiente	0,011

**Fuente:** Elaboración propia.

Los datos de entrada al modelo se tomaron de diferentes mapas temáticos en el caso de la peligrosidad de contaminación del acuífero, publicados en Lima *et al.* (2019), y de datos obtenidos del Censo 2010 para la vulnerabilidad social (INDEC, 2013).

Los resultados para cada uno de los indicadores y para el modelo se representaron espacialmente en mapas elaborados en ArcGis 9.2 (Lima *et al.*, 2019). Toda la información espacial se proyectó en el sistema de coordenadas Gauss Krüger, Zona 6 de Argentina (Campo Inchauspe Datum). La configuración espacial para cada indicador se obtuvo a partir de la clasificación por cortes naturales de Jenks (en inglés, *natural breaks*). Este método se basa en las agrupaciones naturales inherentes a los datos. Las entidades se dividen en clases cuyos límites quedan establecidos donde hay diferencias considerables entre los valores de los datos, maximizando las diferencias entre clases. En este caso, cada clase se asoció con un tipo de escala verbal de cinco categorías (trivial, poco

importante, importante, muy importante y crítica). Este es un tipo de escala verbal definido por el modelo, que varía de trivial (mejor) a crítico (peor). Las puntuaciones de decisión del modelo para cada alternativa se utilizaron para elaborar el mapa de prioridades en cuanto al riesgo de contaminación de acuíferos (Figura 2).

Finalmente, a partir de los resultados obtenidos en el análisis multicriterio, se propusieron una serie de instrumentos de Gestión Integrada de Recursos Hídricos propuestos por la Global Water Partnership (GWP, 2017) con el fin de contribuir a la planificación territorial de esta interfase urbano-rural.

## REFLEXIONES METODOLÓGICAS

Esta metodología de evaluación del riesgo de contaminación de acuíferos ofrece una alternativa a bajo costo y se puede utilizar para evaluar transformaciones a lo largo del tiempo, causados por cambios en el uso del suelo vinculados a las fuentes de contaminación o en el nivel freático debido a diferentes escenarios de explotación del acuífero. Asimismo, este procedimiento puede ser aplicado en otros territorios con diferentes condiciones naturales y socioeconómicas, para abordar los problemas de gestión del agua subterránea, que inciden en la sustentabilidad del territorio.

Una de las principales ventajas del modelo propuesto es la de conocer los aportes de los criterios y subcriterios para priorizar alternativas. Esto es un beneficio a la hora de evaluar el riesgo de contaminación del acuífero, ya que permite identificar qué aspecto (criterios naturales o socioeconómicos) domina en el resultado final. Como consecuencia, este hecho ayuda a los tomadores de decisiones a enfocarse en qué subcriterio se debe evaluar y monitorear, y también qué instrumento de gestión se debe aplicar.

Por otra parte, una de las principales limitaciones de este análisis multicriterio es la gran cantidad de datos necesarios en cada paso del procedimiento para registrar con precisión los requerimientos de los tomadores de decisión, así como la subjetividad en la asignación de pesos involucrados en el modelo.

Otro aspecto a considerar es el manejo de la información y las unidades territoriales de análisis a utilizar. Esta metodología incluye datos obtenidos de diferentes fuentes (trabajo de campo, imágenes satelitales, organismos públicos de estadística), los cuales pueden ser analizados espacial y temporalmente. Sin embargo, la información sobre diversos aspectos ambientales (datos sociales, económicos y naturales) se recopila originalmente con diferentes objetivos, a diferentes escalas, en diferentes marcos de tiempo y con diferentes supuestos sobre la naturaleza de los fenómenos. Esto crea dificultades técnicas para integrar dichos datos y también con respecto a la selección de la unidad de análisis adecuada al objetivo del estudio.

En este sentido, las unidades espaciales definidas para los datos físico-naturales casi siempre están diseñadas para ser internamente homogéneas hasta cierto punto (por ejemplo, unidades de suelo, tipos de cobertura del suelo), mientras que las unidades socioeconómicas son casi siempre el producto de algún proceso político-administrativo. En Argentina, los datos censales publicados por INDEC utilizan los radios como unidad mínima de análisis, lo cual implica una dificultad particularmente en espacios periurbanos, cuyas dinámicas son muy marcadas en cuanto al crecimiento poblacional y la consolidación de las áreas residenciales. Es decir, algunos de los radios presentan población dispersa o incluyen varias localidades por lo que pueden aparecer algunos inconvenientes durante la interpretación de los datos. Mientras que, en Sierra de Los Padres y Colinas Verdes, la población se concentra en toda la unidad de análisis; en el resto de las alternativas se encuentran asentamientos dispersos.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Baccaro, K., Degorgue, M., Lucca, M., Picone, L., Zamuner, E., y Andreoli, Y. (2006). Calidad del agua para consumo humano y riego en muestras del cinturón hortícola de Mar del Plata. *Revista de Investigaciones Agropecuarias*, 35(3): 95-110.
- Bedmar, F., Gianelli, V., Angelini, H., y Viglianchino, L. (2015). Riesgo de contaminación del agua subterránea con plaguicidas en la cuenca del arroyo El Cardalito, Argentina. *Revista de Investigaciones Agropecuarias*, 41(1): 70-82.
- Cardona, O.D. (2001). La necesidad de repensar de manera holística los conceptos de vulnerabilidad y riesgo. Una crítica y una revisión necesaria para la gestión. *International Work-Conference on Vulnerability in Disaster Theory and Practice*. Wageningen: Disaster Studies of Wageningen University and Research Centre.
- De Gerónimo, E., Aparicio, V.C., Bárbaro, S., Portocarrero, R., Jaime, S. & Costa, J.L. (2014). Presence of pesticides in surface water from four sub-basins in Argentina. *Chemosphere*, 107: 423-431.
- Della Spina, L. (2016). Evaluation decision support models: highest and best use choice. *Procedia – Social and Behavioral Sciences*, 223: 936-943.
- Fernández Lozano, J. (2012). *La Producción de Hortalizas en Argentina (Caracterización del sector y zonas de producción)*. Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Corporación del Mercado Central de Buenos Aires.
- Ferretti, V., y Montibeller, G. (2016). Key challenges and metachoice in designing and applying multi-criteria spatial decision support systems. *Decision Support Systems*, 84: 41-52.
- Foster, S., Hirata, R., Gomez, D., D'Elia, M., y Paris, M. (2002). *Groundwater Quality Protection: a guide for water service companies, municipal authorities and environment agencies*. Washington, DC: The World Bank.
- Global Water Partnership (GWP). (2017). Integrated water resources management (IWRM) Toolbox. Disponible en: [https://www.gwp.org/en/learn/iwrm-toolbox/about\\_iwrm\\_toolbox/](https://www.gwp.org/en/learn/iwrm-toolbox/about_iwrm_toolbox/).
- Karimipour, F., Delavar, M. R. & Kinaie, M. (2005). Water quality management using GIS data mining. *Journal of Environmental informatics*, 5(2): 61-71.
- Lima, M.L., Romanelli, A., Calderon, G. & Massone, H.E. (2019). Multi-criteria decision model for assessing groundwater pollution risk in the urban-rural interface of Mar del Plata City (Argentina). *Environmental monitoring and assessment*, 191, 347.

- 
- Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INDEC) (2012). *Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas 2010. Censo del Bicentenario*. Procesado con CEPAL/CELADE Redatam +SP.
- Malczewski, J. (2006). GIS-based multicriteria decision analysis: a survey of the literature. *International Journal of Geographical Information Science*, 20(7): 703-726.
- Massone, H.E. (2013). El concepto de riesgo de contaminación de aguas subterráneas. Un análisis de sus perspectivas y alcances. *Temas actuales de la hidrología subterránea*, 271-281.
- Romanelli, A. (2012). *Evaluación ambiental de lagunas pampásica del sudeste bonaerense. Diagnóstico y perspectivas de gestión sustentable*. (Tesis del Doctorado en Ciencias Biológicas). Mar del Plata: FCEyN, UNMDP.
- Zeng, Y. & Trauth, K. M. (2005). Internet-based fuzzy multicriteria decision support system for planning integrated solid waste management. *Journal of Environmental Informatics*, 6(1): 1-15.
- Zhang, H. & Huang, G. H. (2011). Assessment of non-point source pollution using a spatial multicriteria analysis approach. *Ecological Modelling*, 222(2): 313-321.



# SECCIÓN PRÁCTICAS Y PROCESOS





## 8. La incidencia de la valorización de reciclables en términos biofísicos

[gonzalezinsuamariana@conicet.gov.ar](mailto:gonzalezinsuamariana@conicet.gov.ar) (\*)

(\*) Mariana Gonzalez Insua      Dra. en Ciencias Sociales y Humanas, Diseñadora Industrial. Becaria posdoctoral en Temas Estratégicos del CONICET, IHAM, FAUD UNMdP. Investigadora IHAM-FAUD UNMdP.

En el presente capítulo se expone una experiencia de construcción de indicadores aplicados a la evaluación de la incidencia de la valorización de Residuos Sólidos Urbanos (RSU) reciclables en la sustentabilidad urbana. Los alcances de este estudio se relacionan directamente con la producción y consumo responsable (ODS12), el desarrollo sustentable de ciudades y comunidades (ODS11) y la reducción de las desigualdades (ODS10).

El objetivo de la investigación presentada es medir la incidencia que las prácticas localizadas de valorización de materiales reciclables y sus respectivos actores sociales, tienen en la reducción de la apropiación que la población de un territorio efectúa de materia y energía en la producción y consumo de bienes y servicios. Para ello, se construye la metodología entorno a la Huella Ecológica (HE), particularmente a la sub huella de papel y cartón y la subhuella de residuos, tomando como referencia el indicador HE desarrollado por Gareis

(2017) para el Partido de General Pueyrredon (PGP) en el año 2015 que muestra una situación de déficit ecológico al ser HE mayor a la Capacidad de Carga Local (CCL).

Los resultados de esta publicación forman parte de la Tesis Doctoral “Elaboración de Estrategias de revalorización de materiales provenientes de los Residuos Sólidos Urbanos de la ciudad de Mar Del Plata” (Gonzalez Insua, 2019a), que analiza el Circuito Formal de valorización de reciclables desde la perspectiva de la sustentabilidad urbana, considerando sus distintas dimensiones (política, económica, social y ecológica) en una ciudad intermedia, en general, y en la ciudad de Mar del Plata, en particular. Asimismo, han sido publicados de manera parcial en Gareis *et al.* (2016) y Gonzalez Insua (2019b).

## ÁREA DE ESTUDIO

El ámbito de aplicación que corresponde al análisis de las subhuella de papel y cartón y la subhuella de residuos es el Partido de General Pueyrredon. El PGP posee una superficie territorial pequeña (1.460 km<sup>2</sup>), con una población de 640.855 habitantes (INDEC-DPE, 2016) de los cuales el 95% reside en su principal núcleo urbano, la ciudad de Mar del Plata, que actúa como concentradora de actividades, bienes y servicios (Ares y Mikkelsen, 2015).

Mar del Plata, posee un marcado perfil turístico que la constituye como uno de los principales centros de veraneo en Argentina. Anualmente incorpora una población turística que cobra relevancia en la gestión de RSU así como en la provisión de otros bienes y servicios, ya que ejercen una presión adicional a la demanda local que debe ser abastecida (Gareis y Ferraro, 2014). Esta variación poblacional, hace necesario analizar la apropiación de recursos de manera discriminada, es decir, en relación con la población del PGP (Población PGP) y la población del PGP incluyendo la población turista (Población PGP + Turistas).

La incidencia de la valorización en la dimensión ecológica de la sustentabilidad urbana, por otro lado, se mide en relación con el impacto del Circuito Formal (CF) de valorización de reciclables del PGP. El mismo es definido en Gonzalez Insua (2019a) como el circuito implementado a partir del proceso de “formalización” de las actividades de recuperación de reciclables en el Basural a Cielo Abierto (BCA), a partir de la incorporación de los recuperadores en el esquema sociotécnico de la gestión de RSU como estrategia de inclusión social.

En cuanto a la dimensión temporal, se trata de un estudio comparativo de carácter quinquenal aplicado a los años 2010 y 2015.

### ¿PARA QUÉ SE REALIZA LA INVESTIGACIÓN?

La construcción de los indicadores propuestos responde al objetivo de evaluar desde la dimensión ecológica de la sustentabilidad, la incidencia del sistema sociotécnico de valorización impulsado por la Estrategia Nacional de Gestión Integrada de Residuos Sólidos Urbanos (ENGIRSU) e implementado a nivel local.

Si bien existe una multiplicidad de perspectivas que permiten estudiar a la valorización de reciclables, así como la relación de esta con los sistemas sociotécnicos de gestión de residuos, son escasos los antecedentes que se posicionan desde la dimensión ecológica y abordan el estudio bajo la perspectiva de la Economía Ecológica (EE) evaluando de manera localizada y ponderando en términos biofísicos su incidencia. El caso de estudio no presenta antecedentes como el aquí expuesto.

En este sentido, este tipo de indicadores permiten medir el aporte de la valorización de reciclables al desarrollo sustentable en términos biofísicos y localizados. Contribuyen a medir, en el marco de la EE y la Economía Circular, la incidencia de los bucles de retroalimentación, atendiendo a un territorio que se caracteriza por recuperadores de base.

De esta manera, contribuyen a cuantificar en términos biofísicos las prácticas de valorización territorializadas y por lo tanto a establecer metas a corto, mediano y largo plazo, adecuadas al contexto local.

## PERSPECTIVA CONCEPTUAL

La EE plantea la relación entre economía y biocapacidad o capacidad de carga. Establece que de esta relación dependerá si una determinada población alcanza un desarrollo sustentable, ya que el mismo exige que el tamaño de la economía se encuentre dentro del rango de las capacidades de sustentación del ecosistema global (Van Hauweirmeiren, 1999).

Desde esta perspectiva se han desarrollado indicadores que miden la apropiación que la humanidad realiza de la materia y la energía, entre ellos la HE. Este indicador de corte territorial y biofísico, conforma una herramienta para evaluar la capacidad de carga humana (Rees y Wackernagel, 1994) vinculada con la sustentabilidad urbana. A su vez, es una herramienta analítica que permite estimar el grado de apropiación de materia y energía que realizan las poblaciones humanas en pos de satisfacer sus necesidades (Rees, 2003). Permite estimar la relación entre lo que una comunidad consume y la capacidad de carga de la región y de allí el grado de sustentabilidad de la población en estudio (Gareis, 2017). Aplicada a la valorización de reciclables, permite estimar la incidencia de las practicas territoriales en la reducción de la HE (Gonzalez Insua, 2019a).

La HE se compone de diferentes subhuellas, entre ellas, la de residuos y la de papel y madera. La subhuella de residuos se define como la cantidad de hectáreas productivas destinadas a la absorción de los residuos generados por la población en estudio, mientras que la subhuella de papel y madera, hace referencia a la cantidad de hectáreas productivas asociadas a bosques, que son apropiadas por una determinada población para el abastecimiento de la demanda de dichos bienes materiales.

## ¿CUÁLES FUERON LAS CONCLUSIONES?

El trabajo realizado no aporta directamente a la formulación de estrategias de intervención sino al desarrollo de indicadores de base localizados. Estos indicadores, abordados de manera integrada con las dimensiones política, económica y social, contribuyen a la planificación estratégica de los sistemas socio técnicos locales en torno a la producción y consumo sustentable, el desarrollo sustentable urbano y la implementación de estrategias locales de Economía Circular adecuadas al territorio.

En relación con el objeto de estudio, los alcances de los valores obtenidos resultan poco significativos en la reducción de las subhuellas, evidenciando una baja incidencia del Circuito Formal y por lo tanto de la GIRSU, en la reducción de la HE en el PGP.

Se considera relevante profundizar en esta línea de estudios incorporando los Circuitos Informales de valorización que constituyen la base de la pirámide de reciclaje. De esta manera, se tendrá una visión más acabada acerca de cómo juegan los resultados obtenidos en el conjunto, así como de la real incidencia de la valorización y sus actores clave en desarrollo sustentable de la ciudad y del partido. Asimismo, la aplicación de este tipo de indicadores abre una puerta a profundizar sobre los impactos ecológicos de la valorización de residuos que no entran en el CF.

## ¿QUÉ RESULTADOS SE OBTUVIERON?

El análisis de la incidencia del CF en la sustentabilidad urbana desde la perspectiva de la EE, busca establecer la relación entre el consumo de los habitantes del PGP, la capacidad de carga del partido, y la incidencia de la valorización de reciclables en la reducción de la apropiación de recursos de la población del PGP y PGP + turistas. A continuación, se presentan las lecturas de

estas relaciones aplicadas a las subhuellas de residuos y subhuellas de papel y cartón (2010-2015).

En relación con la generación de residuos, se evidencia un elevado aumento de la generación per cápita entre los periodos 2010 y 2015, que promedia la generación per cápita entre 2,60 kg/cápita/día, si se toma en cuenta la población del PGP con turistas, y a 2,94kg/cápita/día si se toma en cuenta solamente la población del PGP, aumentando 2,4 veces la generación en un periodo de 5 años.

Esta lectura permite verificar que la generación en partido supera el promedio de generación mundial de 1,1 kg/cápita/día, así como la proyección promedio a nivel mundial para el año 2025 de 1,6 kg/cápita/día (Hoornweg y Bhada-Tata, 2012). Asimismo, el aumento en la generación del 245% entre los periodos de 2010 y 2015 evidencia un proceso de estabilización en la generación de datos en el PGP que manifiesta una amplia diferencia entre las tn estimadas de ingresar a disposición final en los periodos anteriores.

En este sentido, para la disposición de los residuos generados por la población de PGP en el año 2015 se apropiaron 5,76 hectáreas productivas, es decir 3,41 hectáreas productivas más que en el año 2010.

La incidencia de valorización efectuada por el CF representa una reducción de 0,016 hectáreas productivas en el partido, es decir, se reduce un 0,24% la subhuella de residuos para la población de PGP con turistas y 0,28 % para la población del PGP. Para el año 2010 no se tiene lectura ya que el CF no funcionaba como tal (Tabla 3).

Por otro lado, con relación al consumo de papel y cartón, se evidencia una reducción del consumo entre ambos periodos de 3,2 kg per cápita anual a 61 kg per cápita anual a 57,8 kg per cápita anual. Esta disminución se ve reflejada en la reducción del 10% en la subhuella de papel y cartón entre 2010 y 2015,

estableciéndose en 0,020 hectáreas de suelo productivo las necesarias para cubrir la demanda anual de papel y cartón del habitante promedio del partido.

Lo mencionado anteriormente resulta equivalente a una demanda anual de 13.145,23 hectáreas de suelo productivo para cubrir la demanda de la población de PGP y a 15.137,09 hectáreas de suelo productivo si se toma en cuenta la población del PGP con la turista para el periodo mencionado.

El CF de valorización recupero 703.394 kg de papel y cartón en el año 2015, que representa una reducción de 1,3 % del valor de la subhuella de papel y cartón y equivale a 249,62 hectáreas productivas (Tabla 4).

**Tabla 3.** Incidencia del CF en la Subhuella de residuos (2015).

Población	2010 (Gareis, 2017)		2015	
	Generación (kg)	SHP (ha)	Generación (kg)	SHP (ha)
PGP	249.335.841kg	2,35	608.961.435,80 kg	5,76
PGP + T	281.665.487kg	2,66	689.102.169 kg	6.52
Recupera CURA Ltda.-		-	1.752.000 kg	0.016

**Fuente:** Gonzalez Insua, 2019.

**Tabla 4.** Incidencia del CF en la Subhuella de papel y cartón (2010-2015).

Población	2010		2015	
	Consumo (kg)	SHP (ha)	Consumo (kg)	SHP (ha)
PGP	37.758,329	13.399,65	37.041.419	13.145,23
PGP + T	42.654,189	15.137,09	41.916.155,4	14.875,18
Consumo de papel y cartón	61		57,8	
Recupera CURA Ltda.	-	-	703.394	249,62

**Fuente:** Gonzalez Insua, 2019.

## ¿CÓMO SE OBTUVIERON LOS RESULTADOS?

Se desarrollaron una serie de pasos que permitieron estimar las subhuellas de papel y la de RSU y analizar la incidencia del CF de recuperación en las respectivas subhuellas en el año 2015 (Tabla 3). Las subhuellas obtenidas constituyen indicadores de sustentabilidad aplicados a los Circuitos Formales de valorización de reciclables a escala municipal.

En primera instancia se determinó la generación de residuos en el PGP a partir de información proporcionada en comunicación personal con personal de Ente de Obras y Servicios Urbanos (ENOSUR-MGP). En el caso del consumo per cápita de papel se toma el dato a nivel nacional ya que esa información no se encuentra disponible ni a nivel del PGP ni de Mar del Plata. Se estimaron sus equivalentes en superficie de suelo productivo, obteniendo la cantidad de hectáreas apropiadas totales y per cápita necesarias para la absorción de los RSU y para proveer de papel a sus habitantes. Se realizó una primera estimación de ambas subhuellas a partir de la metodología elaborada y aplicada en la estimación de la HE para General Pueyrredon (Gareis, 2017) que se detalla a continuación.

**Tabla 5.** Metodología aplicada

N	PASO	METODOLOGÍA
1	Generación de residuos	Datos proporcionados por MGP, en: comunicación personal para el año 2015.
2	Consumo per cápita de papel	Dato a nivel nacional (IES, 2015). No hay información local disponible.
3	Estimación de subhuella de papel y cartón	Metodología ajustada a General Pueyrredon, en: Gareis (2017).
4	Estimación de subhuella residuos	Metodología ajustada a General Pueyrredon, en: Gareis (2017).
5	Incidencia del CF en la subhuella de Papel	Ajuste de Metodología de Gareis (2017) sobre CF.
6	Incidencia del CF en la subhuella de residuos	Ajuste de Metodología de Gareis (2017) sobre CF.

**Fuente:** Gonzalez Insua, 2019.

## Subhuella de papel

El valor de la Subhuella de papel, en la que se incluye también el cartón, se obtiene a partir de la metodología elaborada y aplicada en la estimación de la HE para el PGP (Gareis, 2017).

Se parte de considerar el consumo de papel per cápita (CPC) de papel de un argentino en 61 kg/año (IES, 2010) y para el 2015 57,8 kg/año (IES, 2015) datos que se relaciona con la población estable del PGP (PGP), con los habitantes que se adicionan en la temporada (PGPT) y con la población de la ciudad de Mar del Plata de los respectivos años (2010 y 2015), para luego determinar el consumo a nivel ciudad.

$$CPC = PGP \times CP \text{ per cápita}$$

$$CPC = (PGPT) \times CP \text{ per cápita}$$

$$CPC = (PMdP) \times CP \text{ per cápita}$$

*Donde CPC es consumo de papel y cartón (kg)*

A continuación, se calculan los consumos de las materias primas necesarias para producir el papel y cartón consumido por la población en estudio. A partir de estimaciones realizadas se obtiene un requerimiento de 0,51kg de pasta de madera y 0,62kg de papeles reciclados para 1kg de papel y cartón<sup>7</sup>.

Se realizan los cálculos pertinentes relacionados a la estimación de las hectáreas necesarias para la obtención de los kg de pasta de madera vinculados a la producción de papel y cartón.

Una vez conocida la cantidad de pasta de madera involucrada, se calcula la cantidad de rollizos necesarios para producir la materia prima mencionada.

<sup>7</sup> Valores calculados a partir de conocer una cantidad determinada de pasta de madera y papeles reciclados involucrados en la producción de una cantidad también conocida de papel y cartón. A partir de allí fue posible determinar en forma aproximada los kg de cada materia prima en la obtención de 1kg de papel y cartón. Estos datos fueron obtenidos de la Dirección de Oferta Exportable (2011:19,20).

$$\mathbf{PM = CPC \times 0,51kg}$$

Donde PM es Pasta de madera (kg).

$$\mathbf{R = PM \times 3,69kg^8}$$

Donde R es Rollizos (kg).

Luego se determina la cantidad de hectáreas involucradas en la obtención de los rollizos utilizados en la producción de pasta de madera.

$$\mathbf{PM = R / 7.050kg}$$

Donde PM es pasta de madera (ha).

Posteriormente se estiman las hectáreas necesarias para la obtención de los papeles reciclados<sup>9</sup>.

$$\mathbf{PR = CPC \times 0,62kg}$$

Donde PR es papeles reciclados (kg).

$$\mathbf{PR = PR / 7.050kg}$$

Donde PR es papeles reciclados (ha).

Una vez estimadas las hectáreas involucradas en la producción de la pasta de madera y de papeles reciclados se procede a la suma de estas a los fines de determinar el total de hectáreas destinadas a la elaboración de las materias primas utilizadas en la confección de papel y cartón.

$$\mathbf{SSHPC = PM + PR}$$

Donde SSHPC es subhuella de papel y cartón (ha), PM es pasta de madera (ha), PR es papeles reciclados (ha).

---

<sup>8</sup> Valor calculado de relacionar dos datos conocidos de kg de rollizos y su equivalente en kg de pasta de madera. Estos datos fueron obtenidos de la Dirección de Oferta Exportable (2011:19,20).

<sup>9</sup> Debido a que no se cuenta con datos que permitan estimar las hectáreas relacionadas a la producción de papeles reciclados se consideró 1ha de papel reciclado equivalente a 1ha de rollizo (Gareis, 2017).

### Subhuella de RSU

Para determinar el valor de la subhuella de RSU se toma como base los datos provistos en comunicación personal por la MGP, en donde se registra la generación mensual de los mismos desde el 1 de enero de 2015 al 31 de diciembre de 2015. Se considera a la población de turistas en la estimación del valor per cápita.

Para determinar el valor de la subhuella de RSU se toma como base los datos provistos en comunicación personal por la MGP, en donde se registra la generación mensual de los mismos desde el 1 de enero de 2015 al 31 de diciembre de 2015. Se considera a la población de turistas en la estimación del valor per cápita.

$$\mathbf{GRT = GRE + GRF + GRM + GRA + GRM + GRJ + GRJ + GRA + GRS + GRO + GRN + GRD}$$

Donde GRT es generación de residuo total (kg).

$$\mathbf{GR \text{ per cápita} = GRT / PPGPT}$$

Donde GR per cápita es generación de residuos per cápita (kg).

Para la obtención de la subhuella se parte de considerar la generación de residuos a lo largo de un año y la capacidad de acogida del relleno sanitario. La densidad mínima a alcanzar en el relleno sanitario es de 0,9tn/m<sup>3</sup> (DGGA, 2012:69; DGGA, 2013:68), mientras que podrían alcanzarse valores de 1tn/m<sup>3</sup> (DGGA, 2012:69) y 1,2tn/m<sup>3</sup> (DGGA, 2013:68). Para realizar el cálculo se considera el valor de 0,9t/m<sup>3</sup> (equivalente a 900kg/m<sup>3</sup>).

$$\mathbf{R = GR / 900kg/m^3}$$

Donde R es residuos (m<sup>3</sup>)

Luego se vincula el valor de residuos en kg/m<sup>3</sup> con la capacidad de una celda del relleno sanitario, para ello se consideró que una celda de 21,5 ha posee una capacidad de 2.524.560m<sup>3</sup> (DGGA, 2012:61).

$$\mathbf{SHR = (R \times 21,5ha) / 2.524.560m^3}$$

Donde SHR es subhuella de residuos (ha).

El valor per cápita de la SHR se estima a partir de la división de la población del PGP considerando la población de turistas.

$$\text{SHR per cápita} = \text{SHR} / \text{PPGPT}$$

Donde SHR per cápita es subhuella de residuos per cápita (ha).

La subhuella a nivel de la ciudad de Mar del Plata se estima a partir de multiplicar el valor per cápita por la población considerada como urbana según el Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas (CNPhyV) del año 2015 (INDEC-DPE, 2016).

$$\text{SHRMdP} = \text{SHR per cápita} \times \text{PUr}$$

Donde SHRMdP es subhuella de residuos de la ciudad de Mar del Plata (ha), PUr es población urbana.

### **Incidencia en las subhuellas de residuos y papel y cartón.**

La incidencia de la recuperación en el período 2015 se calcula a partir de los datos provistos por la cooperativa y el ENOSUR, complementado información proveniente de los Informes Anuales Ambientales publicados por la DGGa del MGP (2012; 2013; 2015).

Para el análisis de la incidencia en las subhuellas se ajusta la metodología de Gareis (2017). En el caso de la subhuella de residuos:

$$\text{SC(cf)R per capita} = \text{R(cf)T} / \text{PPGPT}$$

Donde SC(cf)R es Separación y Clasificación del CF anual (kg).

$$\text{R(cf)} = \text{SC(cf)R} / 900 \text{ kg/m}^3$$

Donde R(cf) es residuos recuperados en el CF (m<sup>3</sup>).

$$\text{SHR}(\text{cf}) = (\text{R}(\text{cf}) \times 21,5 \text{ha}) / 2524560 \text{ m}^3$$

Donde SHR(cf) es la subhuella de los residuos recuperados en el CF (m<sup>3</sup>).

Finalmente se relaciona la incidencia de SHR(cf) en la subhuella de residuos.

$$\text{SHR} - \text{SHR}(\text{cf}) = \text{I}$$

Donde I es la incidencia de los residuos recuperados en el CF (m<sup>3</sup>).

Para el análisis de la incidencia en de la subhuella de papel y cartón se reemplazan los datos de consumo, y se calcula la materia prima necesaria para producir el papel y cartón equivalente a lo recuperado por el CF.

$$\text{VPC} = \text{Valorización Papel y Cartón (kg)}$$

Se calculan las hectáreas necesarias para la obtención de los kg de pasta de madera vinculados a la producción de papel y cartón y la cantidad de rollizos necesarios para producir la pasta de madera.

$$\text{PM} = \text{VC} \times 0,51 \text{kg}$$

Donde PM es Pasta de madera (kg) y VC es Valorización Cartón (kg)

$$\text{R} = \text{PM} \times 3,69 \text{kg}$$

Donde R es Rollizos (kg).

$$\text{PM} = \text{R} / 7.050 \text{kg}$$

Donde PM es pasta de madera (ha).

Posteriormente se estiman las hectáreas necesarias para la obtención de los papeles reciclados.

$$\text{PR} = \text{CPC} \times 0,62 \text{kg}$$

Donde PR es papeles reciclados (kg).

$$\text{PR} = \text{PR} / 7.050 \text{kg}$$

Donde PR es papeles reciclados (ha).

Una vez estimadas las hectáreas involucradas en la producción de la pasta de madera y de papeles reciclados se procede a la suma de estas a los fines de determinar el total de hectáreas destinadas a la elaboración de las materias primas utilizadas en la confección de papel y cartón.

$$\text{SSHPC} = \text{PM} + \text{PR}$$

Donde SSHPC es subsubhuella de papel y cartón (ha), PM es pasta de madera (ha), PR es papeles reciclados (ha).

## REFLEXIONES METODOLÓGICAS

Desde la perspectiva de la EE una sociedad puede considerarse sustentable en la medida en que satisface el consumo per cápita de su población sin menoscabar el capital esencial de stock de una generación a la siguiente. En este sentido, al contabilizar el ingreso de residuos como recursos, la valorización de reciclables contribuye en mantener el stock de la generación siguiente, y bajo esta perspectiva es cuantificable su incidencia a nivel general, así como de manera desagregada ya sea sectores productivos o actores.

Sin embargo, así como ninguna ciudad o región urbana puede alcanzar la sustentabilidad por sí sola sin efectuar un uso sustentable del hinterland mundial o global (Rees y Wackernagel, 1994), los procesos de valorización de reciclables no suceden en su totalidad en el contexto local, sino que sus eslabones se distribuyen a nivel regional o global. En este sentido, para ambos casos se modeliza considerando como si fueran sistemas cerrados y debido a esto, su principal aplicación es en términos comparativos, en este caso para medir el impacto que tienen la valorización de reciclables en el avance hacia el desarrollo sustentable de ciudades.

De esta manera, los indicadores propuestos permiten medir y comparar en términos biofísicos la incidencia de la valorización. No obstante, en la elaboración de instrumentos de gestión que se ajusten a las particularidades

locales, es necesario que se interrelacionen de manera sistémica con indicadores que den cuenta de las dimensiones sociales, políticas y económicas.

Finalmente, en torno a la implementación de la metodología, la principal dificultad se verifica en la disponibilidad de datos a nivel local y en la continuidad en el acceso de los existentes de manera periódica.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ares, S. E. y Mikkelsen C.A. (2015). ¿Dónde va la gente..? Desafíos para la movilidad territorial cotidiana en el partido de General Pueyrredon en el siglo XXI.. En: Lucero, Patricia Iris (dir.), *Atlas de Mar del Plata y el partido de General Pueyrredon II: problemáticas socio-territoriales contemporáneas*. (1ª ed. Pp 141-167). Mar del Plata: EUDEM
- Dirección General de Gestión Ambiental (DGGA) (2015). Análisis del Mercado de Materiales Recuperados. Municipalidad de General Pueyrredon, Mar del Plata, Buenos Aires, Argentina.
- (2013). Informe anual ambiental 2013. Municipalidad de General Pueyrredon, Mar del Plata, Buenos Aires, Argentina.
- (2012). Informe anual ambiental 2011 - 2012. Municipalidad de General Pueyrredon, Mar del Plata, Buenos Aires, Argentina.
- Dirección de Oferta Exportable (2011). Informe sectorial. Sector de la Industria de Pasta de Madera, Papel y Cartón. Dirección General de Estrategias de Comercio Exterior, Subsecretaría de Comercio Internacional.
- Gareis, C. (2017). *Estimación de la huella ecológica de Mar del Plata (Partido de General Pueyrredon), y su relación con el hábitat urbano*. (1ª ed). Mar del Plata, Buenos Aires, Argentina.: Editorial Universidad Nacional de Mar del Plata.
- Gareis, M. C., Gonzalez Insua, M., y Ferraro, R. (2016). Incidencia de los recuperadores en las subhuellas de RSU y papel y cartón. El caso de Mar del Plata, Argentina. *Estudios Socioterritoriales. Revista de Geografía*, (19), 63–77.
- Gareis, M.C., y Ferraro R. (2014). Actividad turística y emisiones de CO2. El caso de Mar del Plata. *Revista Estudios Ambientales*, Vol. 2, No 1, 43-58
- Gonzalez Insua, M. (2019a). *Elaboración de estrategias de revalorización de materiales provenientes de los residuos sólidos urbanos de la ciudad de Mar del Plata*. (Tesis Doctoral en Ciencias Sociales y Humanas) Universidad Nacional de Luján.

- Gonzalez Insua, M. (2019b). La valorización de los residuos reciclables y la sustentabilidad urbana. Una propuesta teórico metodológica para su abordaje. *Revista i+a, investigación más acción*, (22), 108-131.
- Hornweg, D., y Bhada-Tata, P. (2012). A Global Review of Solid Waste Management. World Bank Urban Development Series Knowledge Papers, 1-116.
- IES: 2010, [www.iesonline.com.ar](http://www.iesonline.com.ar)
- IES: 2015, [www.iesonline.com.ar](http://www.iesonline.com.ar)
- INDEC-DPE (2016). Población estimada al 1 de julio de cada año calendario por sexo, según partido. Provincia de Buenos Aires. Años 2010-2025
- Rees, W.E. (2003). Understanding Urban Ecosystems: An Ecological Economics Perspective. *Understanding Urban Ecosystems*, Alan Berkowitz *et al.* (eds). New York: SpringerVerlag.
- Rees, W.E. & Wackernagel, M. (1994). Ecological footprints and appropriated carrying capacity: Measuring the natural capital requirements of the human economy. En *Investing in Natural Capital: The Ecological Economics Approach to Sustainability*, Jansson, A-M; Hammer, M.; Folke, C.; Costanza, R. (eds.). Washington: Island Press
- Van Hauweirmeiren, S. (1999). Sustentabilidad del desarrollo y contabilidad macroeconómica. Capítulo 4. En: Manual de Economía Ecológica. Editorial Abya-Yalá. Chile. Pp. 95-130.



## 9. Sustentabilidad en la producción hortícola

[mcmolpeceres@yahoo.com.ar](mailto:mcmolpeceres@yahoo.com.ar) (\*)

(\*) Celeste Molpeceres Mg. en Agroeconomía, Lic. en Relaciones Internacionales, Becaria doctoral del CONICET con lugar de trabajo en el Grupo de Estudios Sociourbanos, Centro de Estudios Sociales y Políticos, Facultad de Humanidades, UNMdP. Investigadora del IHAM, FAUD UNMdP. Doctoranda de la Universidad Nacional de Luján en la Orientación Ciencias Sociales y Humanas.

En el Cinturón Hortícola del Partido de General Pueyrredon conviven prácticas productivas convencionales<sup>10</sup>, en transición<sup>11</sup> y agroecológicas<sup>12</sup>. En este marco, el presente capítulo expone una propuesta de construcción de indicadores aplicables a las experiencias agroecológicas a fin de estimar el aporte de las prácticas implementadas a la sustentabilidad del sistema hortícola. Los alcances de este estudio se relacionan especialmente con el ODS 12 que focaliza en las prácticas productivas y de consumo responsables, con el objetivo de lograr una gestión sostenible y uso eficiente de los recursos. Esta investigación parte de

---

<sup>10</sup> "Producción convencional" refiere a las prácticas de cultivo intensivas en insumos, especialmente agroquímicos. Si bien el universo de productores convencionales en el periurbano hortícola marplatense es amplio y heterogéneo, a los fines de la presente investigación se desestiman sus diferencias y se los considera un único grupo social relevante respecto.

<sup>11</sup> A los fines del presente capítulo, producción en transición refiere a los predios que se encuentran en un proceso organizado de cambio, de transformación y desarrollo de un sistema convencional a otro de bajo impacto ambiental, mediante la implementación de prácticas como "Manejo Integrado de Plagas", que apuntan entre otros aspectos a la reducción del uso de agroquímicos.

<sup>12</sup> Las producciones agroecológicas o alternativas implican, además del rechazo al uso de productos de síntesis química, otras prácticas de manejo de la diversidad biológica. Posee dos principios fundamentales: a) la nutrición integral de los suelos y, b) La recreación de biodiversidad que es vital tanto para la nutrición adecuada de los suelos, así como para lograr el equilibrio entre los componentes del sistema a partir del establecimiento de ciclos, flujos y relaciones inter e intraespecíficas.

estudios previos (Molpeceres y Zulaica, 2020) que ponen en discusión la polisemia de sentidos de sustentabilidad en el área bajo estudio y las disímiles ponderaciones de atributos por parte de los distintos actores en juego, que constituyen un punto de partida para profundizar en la propuesta presentada.

## ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio del presente capítulo es el Cinturón Hortícola del Partido de General Pueyrredon, ubicado en parte dentro del periurbano de Mar del Plata y en el corredor costero sur de la ciudad. Dicho Cinturón es el segundo más importante del país. Comprende una franja que abarca aproximadamente 9.500 hectáreas a campo y 650 bajo cubierta (Adlercreutz, 2017), con una producción total de aproximadamente 300.000 toneladas anuales, cuyo destino principal es el mercado interno (Molpeceres, 2016). Desde el punto de vista económico, la actividad contribuye de manera significativa al Producto Bruto Geográfico local, siendo en torno a 1.000 productores quienes llevan adelante la producción de la zona. Para el año 2010, el valor agregado de la producción fruti-horticultura local representa casi el 80% del valor agregado por la agricultura del Partido (INTA, 2015). Este cordón verde se localiza dentro de una zona periurbana de aproximadamente 35.000 hectáreas, en convivencia con sectores residenciales, distinguiéndose además producciones en el sector costero sur, en dirección a Miramar.

Del total de productores hortícolas del Partido, entre 25 y 30 se consideran agroecológicos o alternativos, siendo que aquellos definidos como en transición incluyen un universo aún mayor. Sin embargo, la producción convencional, sin duda es la que predomina en el Partido abarcando la mayor parte de los sistemas hortícolas.

La metodología expuesta corresponde a un estudio sincrónico con datos relevados en 2020. No obstante, dado el dinamismo del sector bajo estudio,

resulta relevante la actualización constante de los datos a futuro para una mejor comprensión del área y para ajustar los indicadores propuestos.

## ¿PARA QUÉ SE REALIZA LA INVESTIGACIÓN?

Dentro del Cinturón Hortícola del Partido de General Pueyrredon se observa heterogeneidad entre las prácticas de los productores, especialmente ligada a tres grupos: productores convencionales, en transición y agroecológicos. Cada una de estas producciones realiza un aporte diferencial a la sustentabilidad del sistema hortícola. Evaluar la sustentabilidad del grupo de productores agroecológicos podría contribuir a facilitar la toma de decisiones y el diseño de políticas públicas sectoriales.

En este sentido, aunque existen algunos antecedentes metodológicos (Zulaica *et al.*, 2019) no resultan frecuentes en el área los estudios que aborden el aporte a la sustentabilidad de las producciones hortícolas desde una perspectiva integral. El diseño de esta propuesta metodológica direccionada a sistemas agroecológicos aporta elementos para facilitar la comprensión de las interrelaciones existentes en este proceso dinámico, brindando elementos para la toma de decisiones.

## PERSPECTIVA CONCEPTUAL

Para la construcción de la propuesta metodológica de evaluación de la sustentabilidad en los predios hortícolas agroecológicos del Partido de General Pueyrredon, se triangulan nociones propuestas por la metodología MESMIS<sup>13</sup> (Maserá *et al.* 1999; Maserá y López Ridaura, 2000; López Ridaura *et al.*, 2001), la metodología TAPE<sup>14</sup> de la Organización de Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2019) y dimensiones formuladas por Gudynas (2011).

---

<sup>13</sup> Marco para la Evaluación de Sistemas de Manejo de Recursos Naturales Incorporando Indicadores de Sustentabilidad.

<sup>14</sup> Marco de evaluación para la transición agroecológica.

La metodología MESMIS constituye una herramienta metodológica para evaluar la sustentabilidad de los sistemas de manejo de recursos naturales, con énfasis en los pequeños agricultores y en su contexto local (Masera *et al.*, 1999). De ella se retoma la importancia de identificar los puntos críticos que hacen peligrar o que refuerzan la sustentabilidad del sistema, para centrar en ellos el proceso de evaluación del sistema bajo análisis.

La metodología TAPE aporta el planteo de los 10 elementos de la agroecología, utilizados como guía para el diseño de las dimensiones de análisis: diversidad, intercambio de conocimientos, sinergias, eficiencia, resiliencia, reciclaje, valores sociales y humanos, seguridad alimentaria, gobernanza responsable y economía circular y solidaria. Gudynas (2011) propone tres diferentes modos de concebir la sustentabilidad de acuerdo a cómo se interpretan los aspectos ecológicos, éticos, económicos, científicos, culturales y políticos.

## ¿CUÁLES FUERON LAS CONCLUSIONES?

En el Partido de General Pueyrredon existe una diversidad de productores hortícolas que en principio pueden caracterizarse en tres grandes grupos, de acuerdo al uso de agroquímicos: “agroecológicos”, “en transición” y “convencionales”.

Dentro de este gran conjunto de aproximadamente 1000 productores, aquellos que realizan prácticas de manejo agroecológicas son entre 25 y 30, dependiendo la época del año, con distintos matices en su interior. Sus principales diferencias se manifiestan en las motivaciones que revelan para producir, que son verificadas en las prácticas productivas principalmente y en la estrategia de mercado. Dentro del grupo de productores agroecológicos existen diferencias en las prácticas productivas que determinan distintos gradientes de sustentabilidad. Para cada dimensión analizada, se consideraron variables específicas que permiten aplicar la metodología en el conjunto de productores agroecológicos y detectar puntos más débiles para fortalecer.

## ¿QUÉ RESULTADOS SE OBTUVIERON?

El resultado expuesto en el presente capítulo es la elaboración de una propuesta metodológica para evaluar la sustentabilidad de producciones agroecológicas del Cinturón Hortícola del Partido de General Pueyrredon. Cada una de las dimensiones consideradas, puede medirse a partir de datos específicos, como cantidad de cultivos o propiedad de la tierra y de estimaciones de datos menos precisos o de difícil cuantificación, como intercambios de saberes. La propuesta metodológica se presenta en la Tabla 1.

proponen tres rangos: a. Sustentabilidad débil (SD); b. Sustentabilidad fuerte (SF) y; c. Sustentabilidad súper fuerte (SSF), siguiendo los siguientes criterios.

1. *Diversidad*: contempla la cantidad de cultivos producidos por campaña. Para ello, de los datos relevados se consideran el menor número como la situación menos favorable, y el mayor como aquella óptima.

En el Partido de General Pueyrredon, a partir de los datos relevados, se propone: a.  $SD \geq 6$  y  $\leq 16$ ; b.  $SF \geq 17$  y  $\leq 29$ ; c.  $SSF \geq 30$  y  $\leq 40$ .

2. *Intercambio de conocimientos*: tiene en cuenta la cantidad de actores con los que el productor intercambia saberes, sean intercambios formales, como cursos o capacitaciones, o no, como aquellas provenientes de charlas informales.

Para el caso bajo estudio, se propone: a.  $SD = 0$ ; b.  $DF \geq 1$  y  $\leq 2$ ; c.  $SSF \geq 3$  y  $\leq 4$ .

3. *Sinergias*: contabiliza las prácticas de manejo de biodiversidad, como cercos vivos, rotaciones, asociación de cultivos o conservación de relictos de vegetación natural.

**Tabla 1.** Metodología para evaluar la sustentabilidad en huertas agroecológicas del Partido de General Pueyrredon.

DIMENSIÓN		QUÉ MIDE	RANGOS			VALORES
			SD	SF	SSF	
1	<b>Diversidad</b>	Cantidad de cultivos hortícolas	6-16	17-29	30-40	6-40
2	<b>Intercambio de conocimientos</b>	Cantidad de actores con los que intercambia saberes (formales o no)	0	1-2	3-4	0-4
3	<b>Sinergias</b>	Cantidad de prácticas de manejo de biodiversidad	0-1	2-4	5-6	0-6
4	<b>Eficiencia</b>	Dependencia de insumos externos (bioinsumos, agroquímicos)	2	1	0	0-2
5	<b>Resiliencia</b>	Cantidad de prácticas de manejo de plagas	0-1	2-4	5-6	0-6
6	<b>Reciclaje</b>	Aporte de MO compostada	No	Poco frecuente	Siempre	Frecuencia de aplicación
7	<b>Valores sociales y humanos</b>	Motivación para producir	Comercial ordenanza	Cambio de estilo de vida/ protección salud	Decisión de vida	Gradiente de valoración de la producción agroecológica
8	<b>Cultura y tradiciones alimentarias</b>	Producción de variedades locales o OGM/híbridos/ autoproducción de semillas o plantines	0	1-2	3-4	Autoproducción de semillas: 1 + plantines: 2 + variedades locales: 3 + no OGM: 4
9	<b>Gobernanza responsable</b>	Acceso a la tierra + cobertura de necesidades	1	2	3	Acceso tierra: Propiedad /arrendamiento /ocupación Necesidades: si-no
10	<b>Economía circular y solidaria</b>	Canales de comercialización + valor agregado +	1	2	3	Gradiente establecido a partir de los canales y el valor agregado
			<b>Enfoque técnico</b>	<b>Enfoque técnico-político</b>	<b>Enfoque político</b>	

**Fuente:** Elaboración propia.

La propuesta involucra diez dimensiones de análisis, para cuya ponderación se En el Partido de General Pueyrredon, se propone: a.  $SD \geq 0$  y  $\leq 1$  0; b.  $DF \geq 2$  y  $\leq 4$ ; c.  $SSF \geq 5$  y  $\leq 6$ .

4. *Eficiencia*: plasma la dependencia de insumos externos, en particular de bioinsumos<sup>15</sup> y agroquímicos<sup>16</sup>.

En este caso, a.  $SD = 2$ ; b.  $SF = 1$ ;  $SSF = 0$ . La no utilización de insumos externos, correspondiente con  $SSF$ , se considera como la situación ideal, de total independencia, mientras que el uso de 1 insumo (bioinsumo o agroquímico) se incluye dentro de la  $SF$ , quedando la situación menos favorable, de utilización de ambos insumos, como aquella de mayor dependencia, ligada por lo tanto a  $SD$ .

5. *Resiliencia*: considera la cantidad de prácticas de manejo de plagas, como plantas trampas o repelentes, insectos benéficos, biosolarización o cebos.

Los valores relevados oscilan entre 0 y 6, por lo cual se asume que: a.  $SD \leq 1$  práctica; b.  $SF \geq 2$  y  $\leq 4$ ; c.  $SSF \geq 5$  y  $\leq 6$ .

6. *Reciclaje*: contempla el aporte de materia orgánica compostada al suelo.

En este caso, se vincula con la frecuencia de los aportes por parte del productor: a.  $SD$ : nunca; b.  $SF$ : a veces; c.  $SSF$ : Siempre.

7. *Valores humanos y sociales*: considera la motivación para producir de manera alternativa al modelo convencional.

De este modo, a.  $SD$ : razones comerciales o restricciones normativas; b.  $SF$ : cambio de estilo de vida -que implica la migración de centros urbanos a espacios rurales y el interés por la protección de la salud-; c;  $SSF$ : estilo de vida -que

<sup>15</sup> Bioinsumos hace referencia a biopreparados para el manejo sostenible de plagas y enfermedades en la agricultura urbana y periurbana y, se centra en el uso de una gran diversidad de bioestimulantes, enraizadores, biofungicidas, bioinsecticidas, biorepelentes y biofertilizantes elaborados intrapredialmente con ingredientes sencillos y de bajo costo.

<sup>16</sup> Incluye fertilizantes y plaguicidas.

practican desde hace años, y que involucra no sólo prácticas productivas, sino también de estilo de vida, de consumo, entre otros-.

8. *Cultura y tradiciones alimentarias*. Involucra prácticas como la autoproducción de semillas y plántines, la preferencia de variedades locales o nativas a las híbridas o genéticamente modificadas.

En el Partido de General Pueyrredon, se propone: a. SD= 0 prácticas; b. SF  $\geq 1$  y  $\leq 2$ ; c. SSF:  $\geq 3$  y  $\leq 4$ .

9. *Gobernanza responsable*: vincula el acceso a la tierra y la capacidad de satisfacer las necesidades del productor y su familia con la producción.

En este caso, a. SD: si no es propietario de la tierra (ni de su familia) ni logra satisfacer sus necesidades; b. SF: si no es propietario, pero satisface sus necesidades o si es propietario, pero no satisface sus necesidades; c. SSF: si es propietario y logra satisfacer sus necesidades.

10. *Economía circular y solidaria*: articula los canales de comercialización y el valor agregado a la producción.

De esta forma, según los datos relevados, a. SD: si posee hasta dos canales de comercialización y no agrega valor; b. SF: si posee más de dos canales de comercialización, pero no agrega valor o agrega valor, pero tiene hasta dos canales de comercialización; c. SSF: si cuenta con más de 2 canales de comercialización y agrega valor.

## ¿CÓMO SE OBTUVIERON LOS RESULTADOS?

El diseño metodológico tuvo lugar a través de cuatro estadios principales.

### **Etapas**

Como punto de partida, se desarrolló la propuesta inicial de las metodologías MESMIS y TAPE: la recolección de datos a fin de definir el objeto de evaluación.

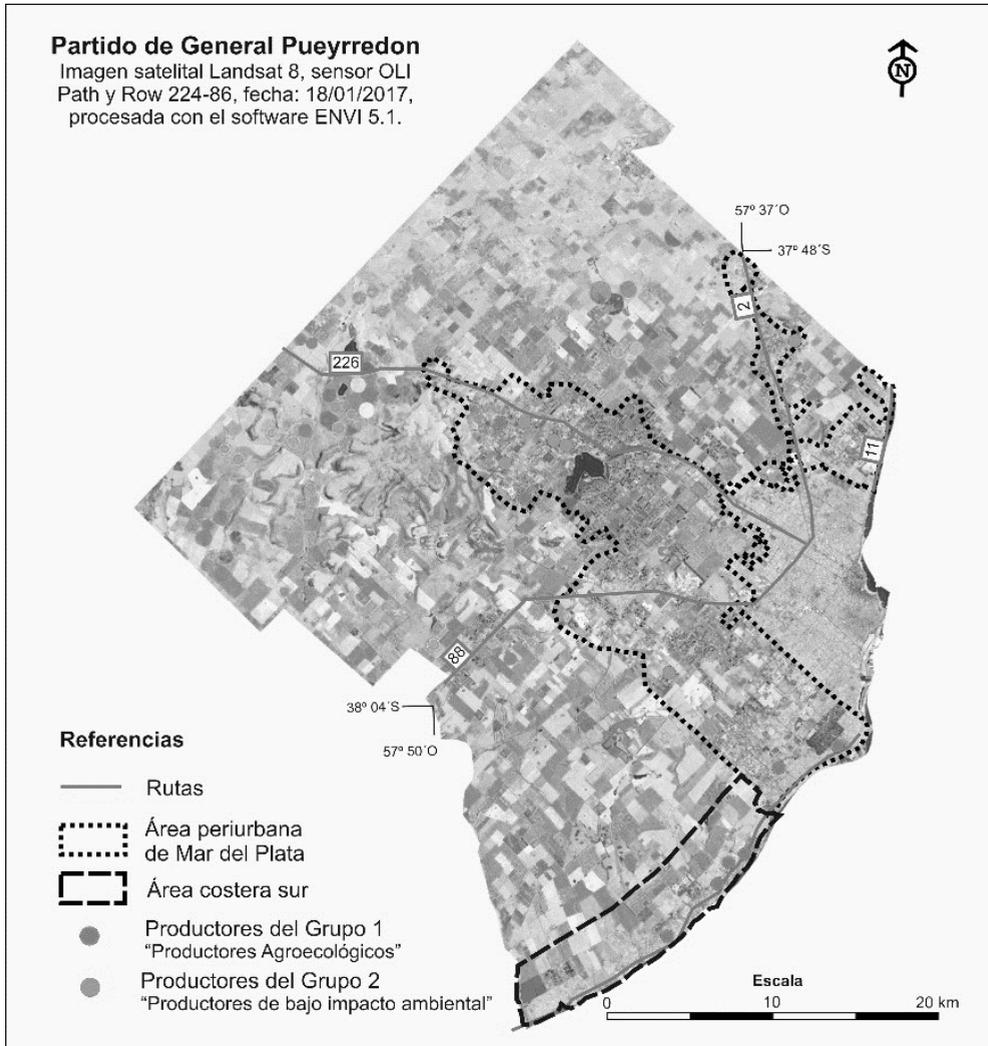
Para ello los métodos usados incluyen mediciones directas en el campo, revisión de la literatura, encuestas y entrevistas formales e informales a productores y referentes de la actividad.

Para la generación de información primaria a través de entrevistas estructuradas, se aplicó un cuestionario con 32 preguntas, entre las cuales se incluyeron algunas abiertas para profundizar el análisis. Los productores relevados que permitieron elaborar la propuesta se presentan en la Figura 1, clasificados en dos grupos principales: agroecológicos y de bajo impacto ambiental, definidos así por Molpeceres *et al.* (2020).

## **Etapas 2**

En segundo lugar, se clasificaron los indicadores en función de los 10 elementos propuestos por TAPE. De acuerdo con Titonel (2020), la evaluación a través de la identificación de tales elementos permite diferenciar las prácticas agroecológicas de otros enfoques alternativos al modelo convencional, con los cuales existen numerosas coincidencias y también discrepancias, tales como la agricultura orgánica, la permacultura, la agricultura biodinámica, la agricultura de conservación, la agricultura regenerativa, la agricultura sostenible o los conceptos de sustentabilidad de los agroecosistemas.

De acuerdo con el mismo autor, los principios sociales, tales como la equidad o la co-creación de conocimientos exceden al agroecosistema y a la producción agropecuaria, operan a escalas mayores e incluyen una amplia diversidad de actores, vinculados más o menos fuertemente con el agroecosistema. Por tal motivo, desde un punto de vista, epistemológico, se privilegia la noción de elementos a la de principios dado a que responde a una lógica difusa, otorga mayor flexibilidad y matices.



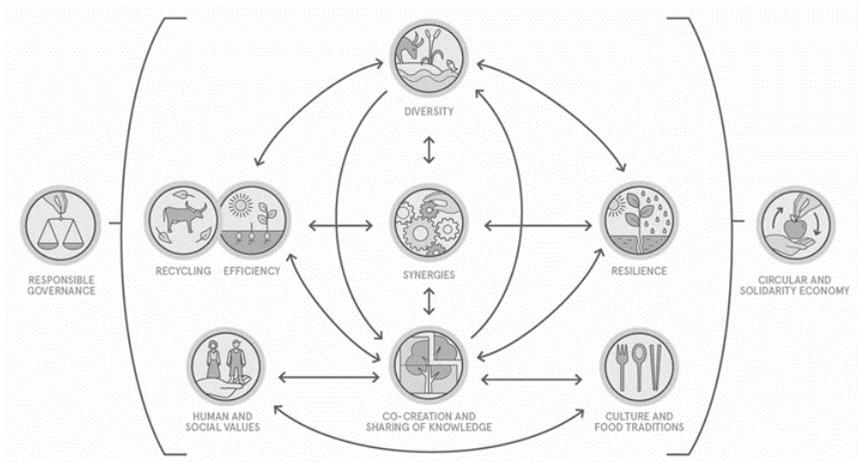
**Figura 1.** Distribución de los productores hortícolas relevados, según los grupos.

**Fuente:** Molpeceres *et al.* (2020).

De esta manera, los 10 elementos que postula la metodología seleccionada son:

1. *Diversidad*: a fin de garantizar la seguridad alimentaria y, al mismo tiempo, conservar, proteger y mejorar los recursos naturales;
2. *Creación conjunta e intercambio de conocimientos*: las innovaciones productivas construidas mediante procesos participativos se adaptan mejor a los desafíos locales;
3. *Sinergias*: con el objeto de potenciar las principales funciones de los sistemas alimentarios, favoreciendo la producción y múltiples servicios ecosistémicos;
4. *Eficiencia*: focalizando en reducir la dependencia de recursos externos;
5. *Reciclaje*: para reducir menos costos económicos y ambientales;
6. *Resiliencia*: de las personas, las comunidades y los ecosistemas, para lograr sistemas alimentarios y agrícolas sostenibles;
7. *Valores humanos y sociales*: proteger y mejorar los medios de vida, la equidad y el bienestar social es fundamental para lograr sistemas alimentarios y agrícolas sostenibles;
8. *Cultura y tradiciones alimentarias*: proyectando contribuir a la seguridad alimentaria y a la conservación de los ecosistemas;
9. *Gobernanza responsable*: con el propósito de lograr una alimentación y una agricultura sostenibles;
10. *Economía circular y solidaria*: para reconectar a productores y consumidores.

Las interacciones entre estos 10 elementos de presenta en la Figura 2.



**Figura 5.** Interacciones entre los 10 elementos de la agroecología.

**Fuente:** FAO (2019).

### Etapa 3

Se definieron 3 categorías cuali-cuantitativas en cada caso. Para ellos se consideraron los términos de Gudynas (2011): Sustentabilidad débil, fuerte y super fuerte.

- a. Dentro de la SD se incluye a quienes aceptan modificar los procesos productivos actuales para reducir el impacto ambiental y consideran que la conservación es necesaria para el crecimiento económico. Por ello apuestan a la reforma técnica (mejores y más eficientes usos de la energía, mitigación de la contaminación, etc.) y otorgan un fuerte peso a los instrumentos económicos.
- b. Por otro lado, aquellos contenidos dentro de la SF advierten que no toda la naturaleza puede ser reducida a un capital natural, ni que todas las valoraciones son económicas. Para este grupo, es relevante asegurar la supervivencia de especies y la protección de ambientes críticos, más allá de su posible uso económico.

- c. Finalmente, dentro de la SSF se incluye a quienes sostienen que el ambiente debe ser valorado de muy diferentes maneras, además de la económica: también existen valores culturales, ecológicos, religiosos o estéticos, que son tanto o más importantes. Por esta razón enfatiza el concepto de patrimonio natural, entendido como un acervo que se recibe en herencia de nuestros antecesores y que debe ser mantenido, legado a las generaciones futuras, y no necesariamente vendible o comprable en el mercado.

#### **Etapa 4**

Se construyó una matriz de doble entrada que entrecruza los diez elementos identificados en la etapa 2, con las tres dimensiones de sustentabilidad presentadas en la etapa 3.

En la columna 1 se enumeran los mencionados elementos, cuyos valores son ponderados, en todos los casos, en tres rangos: a. SD; b. SF; c. SSF.

Para el caso bajo estudio, el criterio de selección de los valores o dimensiones incluidos en cada rango se corresponde con los datos relevados en el terreno, considerando el menor valor como la situación menos favorable (SD) y el mayor como aquella más deseable (SSF), siendo el punto intermedio entre ambos extremos la SF.

### **REFLEXIONES METODOLÓGICAS**

Los productores relevados se autoperceben como agroecológicos, permacultores, biodinámicos, agricultores naturales, entre otros. No obstante ello, más allá de las diferencias entre las distintas propuestas productivas, resulta importante poder estimar el aporte de cada uno de ellas a la sustentabilidad de los sistemas hortícolas, para detectar fortalezas y debilidades que permitan readecuar prácticas y cursos de acción.

La propuesta presentada constituye una mirada original para el estudio de las producciones hortícolas alternativas<sup>17</sup> al modelo convencional en el Partido de General Pueyrredon al retomar elementos de las metodologías MESMIS y TAPE y ofrecer resultados en términos de gradientes de sustentabilidad, de acuerdo con la propuesta de Gudynas (2011). Esta contribución ofrece insumos para estimar la contribución en términos de sustentabilidad de estas producciones al cinturón hortícola.

El proceso de construcción de esta metodología implicó un nutrido trabajo de campo, motivo por el cual constituye una herramienta útil para esta realidad socio-históricamente situada. En este sentido, se sugiere que para su aplicación en otros espacios sea ajustada o “adaptada” a las características propias del entorno a evaluar, a fin de obtener mejores resultados. Asimismo, en función de las particularidades de los sistemas estudiados y teniendo en cuenta las interacciones entre los elementos de la agroecología es posible fijar rangos para cada uno de los indicadores ponderados.

A partir del diseño de esta herramienta analítica, se prevé su aplicación a la totalidad de los productores hortícolas “alternativos” del área, al tiempo que, se espera profundizar en la definición de indicadores más específicos al interior de cada una de las dimensiones propuestas.

Por otra parte, en una propuesta metodológica como la que aquí se expone se considera fundamental generar una etapa metodológica participativa para el ajuste de indicadores y valoraciones, incorporando la mirada de los propios actores.

---

<sup>17</sup> Una descripción más detallada de estas producciones fue presentada por la autora, en conjunto con un equipo interdisciplinario de trabajo, en el VIII Congreso Latinoamericano de Agroecología realizado en Montevideo, Uruguay en noviembre de 2020.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adlercreutz, E. (2017). *Descripción del Cinturón Hortícola de la ciudad de Mar del Plata*. Hoja Técnica INTA.
- FAO (2019). *Los 10 elementos de la agroecología. Guía para la transición hacia sistemas alimentarios y agrícolas sostenibles*. Roma: FAO, Naciones Unidas.
- Gudynas, E. (2011). Desarrollo y sustentabilidad ambiental: diversidad de posturas, tensiones persistentes. En: A. Ruíz y F. Castellano (Ed.), *La Tierra no es muda: diálogos entre el desarrollo sostenible y el postdesarrollo*, pp 69-96. Granada: Universidad de Granada.
- INTA (2015). *Descripción de la producción en el Cinturón Hortícola de Mar del Plata*. Mar del Plata: Oficina de Información Técnica Mar del Plata.
- López Ridaura, S., Masera, O. y Astier, M. (2001), *Evaluando la sostenibilidad de los sistemas agrícolas integrados: el método MESMIS*. Boletín de ILEIA, pp. 25-27. REDCAPA. Universidad de Berkeley.
- Masera, O., Astier, M. y López Ridaura, S. (1999). *Sustentabilidad y manejo de recursos naturales. El marco de evaluación MESMIS*. México: Mundiprensa, GIRA-UNAM.
- Masera, O. y López Ridaura, S. (2000). *Sustentabilidad y sistemas campesinos. Cinco experiencias de evaluación en el México rural*. Mundiprensa. México: GIRA-UNAM.
- Molpeceres, C. (2016). *Tecnología y política: construcción social de las regulaciones para el uso de agroquímicos en el cinturón hortícola del Partido de General Pueyrredon* (Tesis Magister en Agroeconomía). Facultad de Ciencias Agrarias – Universidad Nacional de Mar del Plata, Balcarce.
- Molpeceres, C. y Zulaica, L. (2020). (De) construyendo “sustentabilidad”. Reflexiones sobre la polisemia del concepto en el periurbano hortícola de Mar del Plata (Buenos Aires, Argentina). *Question 2* (66): 1-35.
- Molpeceres, C., Zulaica, L., Rouvier, M. y Cendón, M. L. (2020). *Cartografías de las experiencias agroecológicas en el cinturón hortícola del Partido de General Pueyrredon*. Inédito.
- Tittonell, P. (2020). Los 10 elementos que definen a la Agroecología y su evaluación. *Actas del Ciclo de Charlas Agroecología: una cuestión de principios*. INTA Bordenave.
- Zulaica, L., Manzoni, M., Kemelmajer, Y., Bisso, V.; Padovani, B., Lempereur, C., González, C. y Copello, S. (2019). Evaluación de la sustentabilidad en sistemas hortícolas del sudeste bonaerense: aproximación metodológica en el periurbano de Mar del Plata. *Horticultura Argentina*, 38(95): 41-61.

## 10. Indicadores de sustentabilidad para la vivienda social

[m\\_tomadoni@yahoo.com.ar](mailto:m_tomadoni@yahoo.com.ar) (\*)

[mjdiazvarela@gmail.com](mailto:mjdiazvarela@gmail.com) (\*\*)

- (\*) Micaela Tomadoni Arquitecta, Doctoranda en Arquitectura y Urbanismo. Investigadora del IHAM, FAUD UNMdP.
- (\*\*) María José Díaz Varela Arquitecta, Becaria interna doctoral CONICET con lugar de trabajo en el Centro de Estudios de Diseño, CED FAUD UNMdP. Doctoranda DARQU, FAUD UNMdP.

El presente capítulo expone una metodología de evaluación de la sustentabilidad en conjuntos de vivienda social, a nivel de proyecto arquitectónico, mediante indicadores. Para ello, se definieron diferentes indicadores posibles de emplear a casos de vivienda social unifamiliar agrupada radicadas en la ciudad de Mar del Plata, que se organizan en tres ejes de análisis: Implantación y Emplazamiento, Proyecto y Participación, Desempeño de la envolvente y Tecnología. Se espera que los aportes realizados permitan ofrecer una herramienta útil para la toma de decisiones y la definición de criterios sustentables en futuros proyectos.

Esta investigación se relaciona con el ODS 11, que tiene como metas, entre otras cuestiones, asegurar el acceso de todas las personas a viviendas y servicios

básicos adecuados, seguros y asequibles y mejorar los barrios marginales, así como aumentar la urbanización inclusiva y sostenible.

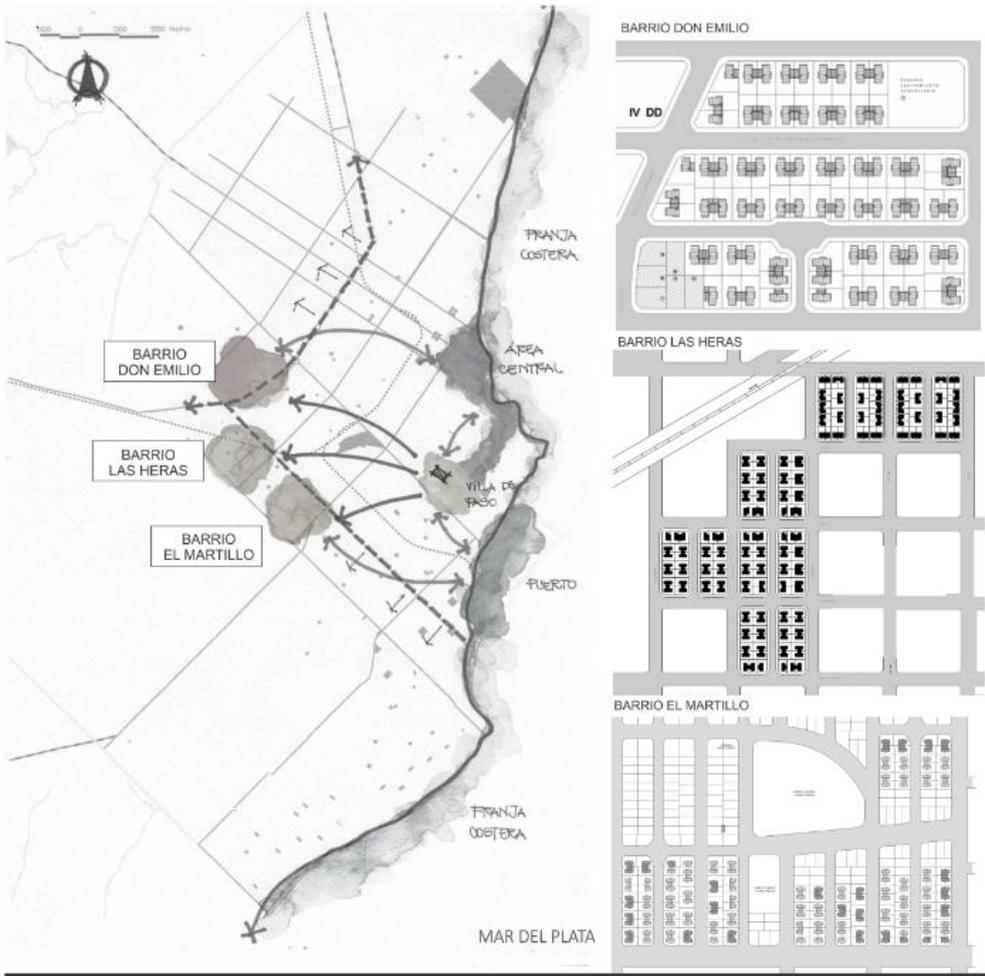
El proceso y desarrollo del presente estudio se ha presentado en las siguientes publicaciones: Tomadoni y Díaz Varela (2017), Díaz Varela y Tomadoni (2018) y Tomadoni y Díaz Varela (2019).

## ÁREA DE ESTUDIO

La metodología de evaluación construida se diseñó para su aplicación a casos de vivienda social en terreno propio ubicados en Mar del Plata. La ciudad fue parte de una serie de políticas habitacionales, obteniéndose diferentes resultados dependiendo de la operatoria y su ejecución. Entre las operatorias realizadas desde el 2001 en adelante se destacan: el Plan Federal de Vivienda, Terreno y Proyecto; el Programa Federal de Emergencia Habitacional y el Plan Dignidad, de cobertura nacional y provincial. Para la construcción del instrumento de evaluación se seleccionaron aquellos barrios que fueron realizados en el marco de la operatoria del Plan Dignidad. Ésta surgió de la necesidad de reubicar familias pertenecientes a un asentamiento informal de Mar del Plata, conocido como “Villa de Paso”, el cual se encontraba enclavado en un área central, con problemáticas realmente complejas. Las familias fueron relocalizadas en tres nuevos barrios de vivienda social, realizados en el año 2007 (Figura 1):

- a. Barrio Don Emilio, ubicado entre la avenida C. Gardel, la ruta 88 y las calles Irasa y Corala.
- b. Barrio El Martillo, ubicado entre las calles Pehuajó (170), Friuli (162), Undine (166) y Génova.
- c. Barrio Las Heras, entre av. Fortunato de la Plaza, Reforma Universitaria, Hequilor y Génova.

Estos conjuntos, constituyeron los insumos más importantes para la construcción del instrumento de evaluación de la sustentabilidad, que se encuentra en etapa de aplicación.



**Figura 1.** Conjuntos habitacionales analizados.

**Fuente:** Elaboración propia.

## ¿PARA QUÉ SE REALIZA LA INVESTIGACIÓN?

La necesidad de incorporar criterios tendientes a la sustentabilidad en los proyectos urbanos y arquitectónicos de la ciudad de Mar del Plata con el objetivo de disminuir los impactos sobre el ambiente cobra cada vez mayor fuerza. En el ámbito urbano, los conjuntos de vivienda social motivan el interés creciente por analizar en qué medida los proyectos se acercan o alejan del concepto de sustentabilidad, entendido en sus dimensiones ecológica, económica, y social (Fernández *et al.*, 1999). En función de ello, se considera que para la construcción de un hábitat sustentable es necesario tener en cuenta las condiciones del sitio de implantación, su clima, la cultura de sus futuros habitantes, la tecnología, para lograr una mejor articulación con el medio construido y prevenir, mitigar o corregir impactos ambientales.

Considerando el contexto mencionado, el desarrollo metodológico propuesto, pretende generar un instrumento que facilite la toma de decisiones a partir de la implementación de una serie de indicadores. Mediante la construcción de esta metodología se intenta detectar aquellos criterios de sustentabilidad imprescindibles de observar al momento de diseñar proyectos de vivienda social. En este sentido, la aplicación de los indicadores seleccionados para la ciudad de Mar del Plata permitirá detectar aspectos a mejorar o rehabilitar.

## PERSPECTIVA CONCEPTUAL

Para alcanzar objetivos de sustentabilidad en la vivienda social, se considera necesario evaluar las distintas variables que influyen en las decisiones proyectuales. A fines de la realización de este trabajo se tomó de referencia el desarrollo del concepto de sustentabilidad explicado por Evans (2010), quien propone tres pilares donde la sociedad debiera desarrollarse: el ecológico, el económico y el social. Estos pilares en su conjunto dan soporte al concepto de sustentabilidad (Figura 2). El pilar ambiental apunta a la diversidad en los sistemas de soportes y preservación de ambientes culturales e históricos, y a

potenciar el aprovechamiento integral de los recursos renovables y la minimización de los recursos no renovables, la polución, daños ambientales y daños a la salud. El pilar económico, refiere a la equidad entre naciones y generaciones, buscar evitar los intercambios desparejos y en la distribución del costo-beneficio, y apunta también a la viabilidad de propuestas, la cual asegura costos reales y apunta al apoyo de las economías locales y promueve políticas éticas. El último pilar, la sustentabilidad social, refiere a aquellas cuestiones que permitan mejorar la calidad de vida, la equidad social y la integración cultural, y al mismo tiempo defender la independencia y autodeterminación, la participación y la cooperación (Evans, 2010). Considerando estas dimensiones, se confeccionaron los ejes del instrumento de evaluación propuesto y se definieron sus indicadores a aplicar en los casos de estudio.



**Figura 2.** Pilares para la sustentabilidad.

**Fuente:** Elaboración por Tomadoni y Díaz Varela (2019) en base a Evans (2010).

## ¿CUÁLES FUERON LAS CONCLUSIONES?

La construcción de una metodología para la evaluación de la sustentabilidad en la vivienda social de Mar del Plata mediante la selección de indicadores, permite destacar la importancia de su aplicación en la etapa de proyecto y concepción donde se podrán detectar y corregir a tiempo cuestiones que inciden sobre la sustentabilidad. A su vez, el instrumento generado es posible de ser aplicado a conjuntos en funcionamiento permitiendo identificar aspectos que podrían mejorarse y/o rehabilitarse mediante la incorporación de pequeños cambios.

Los tres ejes que conforman el instrumento de evaluación permiten concluir acerca de aspectos centrales para alcanzar metas de sustentabilidad a partir de su implementación. Desde el eje “Implantación y emplazamiento”, se puede observar cómo es la relación e interacción entre el conjunto y el sitio de implantación, y qué tanto respeta las condiciones naturales locales, así como el tejido y la trama en la que se inserta. Con “Proyecto y participación”, se logra evaluar las posibilidades de adaptación de la vivienda a los diferentes tipos de familias y a sus consecuentes cambios y transformaciones, así como el grado de participación implicado en la concepción del conjunto y las unidades. Finalmente, el eje “Desempeño de la envolvente y tecnología”, permite identificar si la materialidad y la envolvente responden a los estándares de eficiencia energética, al mismo tiempo que valora si se incorporaron energías renovables.

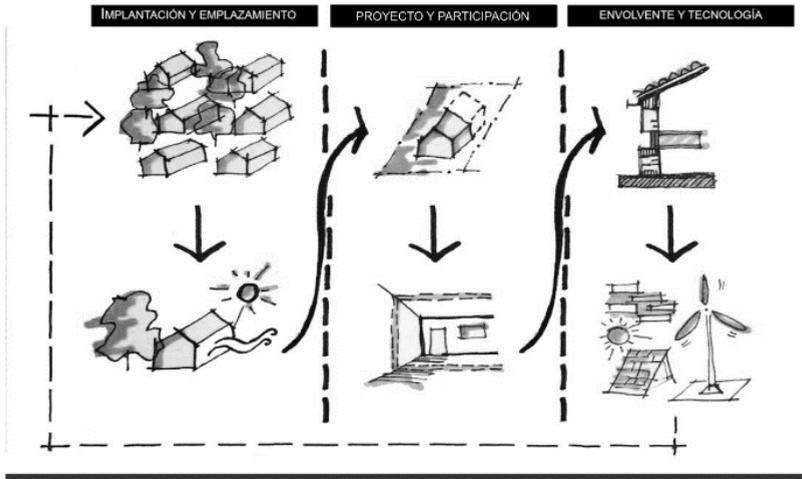
## ¿QUÉ RESULTADOS SE OBTUVIERON?

El resultado principal de la propuesta es la construcción de un instrumento metodológico de evaluación de la sustentabilidad para conjuntos de vivienda de interés social. Este instrumento contiene 23 indicadores distribuidos en tres ejes principales, que surgen del análisis de estudios antecedentes. Este instrumento, elaborado a partir del estudio de casos de la ciudad de Mar del Plata, se está aplicando a los conjuntos considerados, contando por el momento con

resultados preliminares. La exploración del concepto de arquitectura sustentable en el trabajo realizado por el Czajkowski y Gómez (2009) en *Arquitectura sustentable*, permitió recopilar los resultados de una amplia serie de investigaciones en la temática. Los autores definen la arquitectura sustentable como “un modo de concebir la arquitectura buscando aprovechar los recursos naturales de tal modo que se minimice el impacto ambiental de las construcciones sobre el ambiente natural y sobre los habitantes”. Destacan la importancia de aplicar este concepto desde la etapa de proyecto, porque es ahí cuando se pueden tomar las decisiones de diseño que generaran mayores impactos en la sustentabilidad de la construcción.

Al momento de definir los ejes de evaluación se propuso abarcar las diferentes cuestiones que hacen a la sustentabilidad arquitectónica de la vivienda social partiendo desde una escala macro o de conjunto hasta llegar a la composición interna, materialidad y energía consumida (Figura 3). Como puede observarse en las tablas (Tablas 1, 2, 3), para cada uno de los indicadores se definieron categorías cualitativas de valoración (alto, medio, bajo) que indican cuánto el aspecto a evaluar se acerca o se aleja de los objetivos de sustentabilidad considerados.

Siguiendo los criterios que plantea Czajkowski y Gómez (2009) para evaluar la sustentabilidad, se seleccionaron aquellos aspectos relevantes y factibles de valorar en las viviendas de interés social. Los temas seleccionados se agruparon en los ejes “Implantación y Emplazamiento” y “Desempeño de la envolvente y Tecnología”. A su vez se sumó a la evaluación el eje “Proyecto y participación”, relativo al tema de la durabilidad de las viviendas en términos de qué tan adaptables son a las diferentes circunstancias y cambios que pudieran atravesar las familias que las habitan, pensando en que uno de los factores que hacen a la sustentabilidad es la capacidad de que los recursos perduren y sean de utilidad por el mayor tiempo posible para sus habitantes.



**Figura 3.** Ejes de análisis para la configuración de indicadores.

**Fuente:** Díaz Varela y Tomadoni, 2018.

**Tabla 1.** Indicadores EJE 1: Implantación emplazamiento.

EJE 1: IMPLANTACIÓN Y EMPLAZAMIENTO			
TEMAS	VARIABLES	INDICADORES	VALORACIÓN
Sitio y Paisaje.	Relación con el entorno.	1) Grado de continuidad de la trama y el tejido.	ALTO: Total continuidad de la trama y el tejido.
			MEDIO: Parcial continuidad de la trama y / o del tejido.
			BAJO: Ausencia continuidad de la trama y el tejido.
	Impacto sobre el paisaje.	2) Grado de transformación del entorno natural.	ALTO: Total conservación de la vegetación pre existente / Leve modificación de la topografía natural del sitio.
			MEDIO: Parcial conservación de la vegetación pre existente / Parcial modificación de la topografía natural del sitio.
			BAJO: Eliminación total de la vegetación pre existente / Total modificación de la topografía natural del sitio.
	Cono de sombra.	3) Incidencia de la sombra proyectada sobre espacios públicos.	ALTO: Leve o nula incidencia de sombra proyectada sobre espacios públicos.
			MEDIO: Parcial incidencia de sombra proyectada espacios públicos.
			BAJO: Alta incidencia de sombra proyectada sobre espacios públicos.
Orientación y Vientos.	Implantación en relación al asoleamiento.	4) Grado de ganancia solar de las aberturas en los ambientes principales (estar-comedor, dormitorios). (INVIERNO)	ALTO: Mayoría de las aberturas de los ambientes principales orientadas hacia el N - NE / Posibilidad del ingreso de rayos solares a través de las aberturas al mediodía durante invierno (ángulo de incidencia 28.55°).
			MEDIO: Algunas de las aberturas de los ambientes principales orientadas hacia el N - NE / Obstrucción parcial del ingreso de rayos solares a través de las aberturas al mediodía durante invierno (ángulo de incidencia 28.55°).
			BAJO: Ninguna de las aberturas de los ambientes principales orientadas hacia el N - NE / Obstrucción total del ingreso de rayos solares a través de las aberturas al mediodía durante invierno (ángulo de incidencia solar 28.55°).
	Mecanismos de protección solar.	5) Grado de protección del asoleamiento sobre las aberturas. (VERANO)	ALTO: Total obstrucción del paso de los rayos solares del mediodía sobre aventanamientos en verano (ángulo de incidencia solar 75.45°) / Ningún aventanamiento orientado al O.
			MEDIO: Parcial obstrucción del paso de los rayos solares del mediodía sobre aventanamientos en verano (ángulo de incidencia solar 75.45°) / Pocos aventanamientos orientado al O.
			BAJO: Nula obstrucción del paso de los rayos solares del mediodía sobre aventanamientos en verano (ángulo de incidencia solar 75.45°) / Mayoría de aventanamientos orientados al O.

	Estrategias de defensa de vientos predominantes.	6) Grado de exposición del perímetro a los vientos predominantes. (INVIERNO)	ALTO: Leve o nula exposición del perímetro de las viviendas frente a los vientos predominantes / Utilización de recursos para su protección. MEDIO: Parcial exposición del perímetro de las viviendas frente a los vientos predominantes / Algunos recursos para su protección. BAJO: Total exposición del perímetro de las viviendas frente a los vientos predominantes / Ningun recurso para protección frente al viento.
Integración urbana.	Implantación del conjunto y estructura urbana.	7) Grado de cercanía a equipamientos.	ALTO: Mayoría de equipamientos cercanos (reúne entre 4 y 5 tipos de equipamientos).
			MEDIO: Algunos equipamientos cercanos (reúne entre 2 y 3 tipos de equipamientos, siendo prioridad salud y educación).
			BAJO: Ninguno de los equipamientos cercanos (alcanza entre 1 tipo de equipamiento, o ninguno).
	Redes de abastecimiento.	8) Grado de inclusión de redes de servicio.	ALTO: Mayoría de servicios en el conjunto (de 8 a 10 servicios). MEDIO: Algunos servicios en el conjunto (de 4 a 7 servicios). BAJO: Ningún / Pocos servicios en el conjunto (de 0 a 3 servicios).
Fuentes laborales y transporte público.	9) Grado de cercanía a fuentes laborales y medios de transporte.	ALTO: Leve lejanía de las fuentes laborales (hasta 20min de traslado) y cercanía a medios de transporte.	
		MEDIO: Parcial lejanía de las fuentes laborales (entre 20min y 35min de traslado) y cercanía a medios de transporte.	
		BAJO: Alta lejanía de las fuentes laborales (mayor a 35min de traslado) y lejanía a medios de transporte.	

**Fuente:** Tomadoni y Díaz Varela (2017).

**Tabla 6.** Indicadores EJE 2: Proyecto y Participación.

EJE 2: PROYECTO Y PARTICIPACIÓN			
TEMAS	VARIABLES	INDICADORES	VALORACIÓN
Crecimientos y ampliaciones.	Crecimientos sobre el terreno.	10) Existencia de crecimientos propuestos por el proyecto sobre el terreno.	ALTO: Previsión de diversas posibilidades de crecimientos propuestos desde el proyecto sobre el terreno.
			MEDIO: Posibilidad limitada de crecimientos propuestas desde el proyecto sobre el terreno.
			BAJO: Imposibilidad de crecimientos a partir del proyecto planteado sobre el terreno.
	Crecimientos en altura.	11) Existencia de crecimientos propuestos por el proyecto en altura.	ALTO: Previsión de diversas posibilidades de crecimientos propuestos desde el proyecto en altura.
			MEDIO: Posibilidad limitada de crecimientos propuestas desde el proyecto en altura.
			BAJO: Imposibilidad de crecimientos a partir del proyecto planteado en altura.
	Disposición de circulaciones y núcleo húmedo.	12) Posibilidades de crecimientos a partir de la propuesta tipológica.	ALTO: Diversas posibilidades de organizativas y de crecimientos a partir de la propuesta tipológica en relación a disposición de circulaciones y del núcleo húmedo.
			MEDIO: Alguna posibilidad de crecimientos a partir de la propuesta tipológica en relación a disposición de circulaciones y del núcleo húmedo.
			BAJO: Ninguna posibilidad de crecimientos a partir de la propuesta tipológica en relación a disposición de circulaciones y del núcleo húmedo.
Adaptabilidad Funcional.	Diversidad de funciones.	13) Existencia de espacios neutrales con posibilidad de adaptabilidad.	ALTO: Existencia de diversos espacios neutrales con posibilidad de adaptabilidad y/o cambio de uso.
			MEDIO: Limitados espacios neutrales con posibilidad de adaptabilidad y/o cambio de uso.
			BAJO: Ausencia de espacios neutrales con posibilidad de adaptabilidad y/o cambio de uso.
	Adaptabilidad a más de un grupo familiar.	14) Grado de privatización de los ambientes (estar-comedor; cocina-comedor; dormitorios; etc.)	ALTO: Posible privatización de todos los ambientes.
			MEDIO: Posibilidad limitada de privatización de los ambientes.
			BAJO: Imposibilidad de privatización de los ambientes.
	Adición de actividades laborales complementarias.	15) Grado de posibilidades de incorporación de una actividad laboral.	ALTO: Diversas posibilidades de incorporación de actividades laborales.
			MEDIO: Posibilidad limitada de incorporación de una actividad laboral.
			BAJO: Imposibilidad de incorporación de una actividad laboral.

Participación e identidad.	Identidad en la vivienda.	16) Grado de identificación con la vivienda.	ALTO: Total identificación por parte de los habitantes con la vivienda.
			MEDIO: Parcial identificación por parte de los habitantes con la vivienda.
			BAJO: Nula identificación por parte de los habitantes con la vivienda.
	Participación en la concepción y construcción de la vivienda.	17) Grado de participación.	ALTO: Total participación de los habitantes en la concepción de la vivienda.
			MEDIO: Parcial participación de los habitantes en la concepción de la vivienda.
			BAJO: Nula participación de los habitantes en la concepción de la vivienda.

**Fuente:** Tomadoni y Díaz Varela (2017).

**Tabla 7.** Indicadores EJE 3: Envoltente y Tecnología.

EJE 3: DESEMPEÑO DE LA ENVOLVENTE Y TECNOLOGÍA			
TEMAS	VARIABLES	INDICADORES	VALORACIÓN
Eficiencia energética.	Aislaciones Térmicas.	18) Presencia y calidad de aislación térmica de la envolvente completa.	ALTO: Presencia de aislaciones térmicas adecuadas, de alta calidad.
			MEDIO: Aislaciones térmicas insuficientes y / o de mala calidad.
			BAJO: Aislaciones térmicas inadecuadas, de mala calidad o ausencia total de las mismas.
	Aislaciones Hidrófugas.	19) Presencia y continuidad de la aislación hidrófuga de la envolvente.	ALTO: Presencia de aislaciones hidrófugas adecuadas, con continuidad.
			MEDIO: Aislaciones hidrófugas insuficientes y / o de mala calidad.
			BAJO: Aislaciones hidrófugas inadecuadas, de mala calidad o ausencia total de las mismas.
	Etiqueta de eficiencia energética.	20) Grado de cumplimiento de la norma IRAM 11900.	ALTO: Total cumplimiento de la norma IRAM 11900.
			MEDIO: Parcial cumplimiento de la norma IRAM 11900.
			BAJO: Incumplimiento de la norma IRAM 11900.
Materialidad y energías renovables.	Origen de los materiales.	21) Cantidad de materiales de producción local.	ALTO: Todos los materiales empleados en las viviendas son de producción local.
			MEDIO: Algunos materiales empleados en las viviendas son de producción local.
			BAJO: Ningun material empleado en las viviendas es de producción local.

Producción y carac. de los materiales empleados.	22) Consumo y calidad energética de los materiales.	ALTO: Mayoría de los materiales empleados de bajo consumo energético en su producción.
		MEDIO: Algunos de los materiales empleados de bajo consumo energético en su producción.
		BAJO: Ningun material empleado de bajo consumo energético en su producción.
Energía de fuentes renovables.	23) Grado de incorporación de mecanismos y/o elementos generadores de energías renovables.	ALTO: Presencia de mecanismos generadores de energías renovables.
		MEDIO: Posibilidad de incorporar algún mecanismo generador de energías renovables.
		BAJO: Ausencia e imposibilidad de incorporación de algún mecanismo generador de energías renovables.

**Fuente:** Tomadoni y Díaz Varela (2017).

## ¿CÓMO SE OBTUVIERON LOS RESULTADOS?

En el diseño de cada uno de los ejes mencionados, a través de los cuales se abordaron distintos temas específicos que hacen a la sustentabilidad, se realizó una selección y construcción de indicadores a partir de diferentes fuentes, datos de la ciudad de Mar del Plata, estudios referentes a la temática, bajo el marco normativo vigente.

En Argentina existen algunas leyes a nivel nacional y provincial que abordan la eficiencia energética y su importancia en proyectos edilicios. Se entiende por eficiencia energética a la capacidad de alcanzar los mismos beneficios con menor gasto de energía, a partir de reducir las pérdidas que se producen en toda transformación o proceso incorporando mejores hábitos de uso y mejores tecnologías de modo de utilizar menos recursos no renovables y por lo tanto disminuir el impacto sobre el ambiente (Weizsäcker *et al.*, 1997). La ley provincial 13059/07 establece las condiciones de acondicionamiento exigibles en la construcción de edificios para contribuir a una mejor calidad de vida de la población y a la disminución del impacto ambiental a partir del uso racional de la energía. Establece la aplicación obligatoria de las normas técnicas del Instituto de Racionalización de Materiales (IRAM) referidas a acondicionamiento térmico de edificios. Las normas IRAM consideradas al momento de desarrollar algunos

de los temas específicos a evaluar fueron: 11601 (Aislamiento térmico de edificios - Métodos de cálculo); 11603 (Acondicionamiento térmico de edificios - Clasificación bioambiental de la República Argentina); 11604 (Verificación de sus condiciones higrotérmicas - Ahorro de energía en calefacción); 11659 (Aislamiento Térmico de edificios - Verificación de sus condiciones higrotérmicas - Ahorro de energía en refrigeración); y 11900 (Etiqueta de eficiencia energética de calefacción para edificios). A nivel local se tuvo también en consideración la ordenanza 6997, el Reglamento General de Construcciones (RGC) para el Partido de General Pueyrredon.

La metodología propuesta, se desarrolla a continuación en función de los tres ejes considerados.

### **EJE 1. Implantación y emplazamiento**

Para la construcción del primer eje presentado en los resultados expuestos en la Tabla 1, se estudiaron las características del sitio. La ciudad de Mar del Plata, según lo establecido en la norma IRAM 11603 su clasificación medioambiental integra la zona bioambiental IVd, que corresponde a un clima templado frío marítimo. Para la subzona “d” se menciona que las amplitudes térmicas son pequeñas durante todo el año, y se destaca el alto tenor de humedad relativa que la caracteriza. En función de ello, se recomienda protección solar eficiente en verano.

En cuanto a su ubicación geográfica, la ciudad se encuentra en las coordenadas 38° 00'S 57° 33'O. A partir de esta información es posible calcular la posición máxima (al mediodía) del sol para los meses de verano y de invierno. Conocer esta información permite verificar en las viviendas si se aprovecha el asoleamiento en los meses fríos por efecto invernadero, así como si en los meses cálidos se protegen los aventanamientos de la incidencia solar (Czajkowski y Gómez, 1994).

Por otro lado, se tuvieron en cuenta los vientos predominantes en la zona de Mar del Plata, para poder observar la dirección hacia la cual se debería considerar colocar protección.

### **1.1. Sitio y paisaje**

Con este tema se pone el énfasis en la evaluación del impacto que genera el conjunto de vivienda social en el lugar donde se implantará.

El primer indicador que se incorpora, “Grado de continuidad de la trama y el tejido”, apunta a observar por un lado la relación entre lo construido en el conjunto habitacional y las construcciones de los alrededores de este, y por otro las calles que lo atraviesan y su relación o no con las vías circulatorias de la ciudad. Cuanto mayor sea la relación entre las alturas de las construcciones dentro del conjunto de vivienda con lo preexistente en la zona, mayor será el grado de sustentabilidad debido a que se genera una menor ruptura con el entorno y por lo tanto se infiere una mayor aceptación por parte de los habitantes del barrio de implantación. Lo mismo sucede con la continuidad de las vías circulatorias, que contribuye a la sustentabilidad dado que permite insertar de mejor manera al conjunto en el entorno, evitando su segregación.

El segundo indicador, “Grado de transformación del entorno natural”, destaca la importancia de evaluar en qué nivel fue modificado el sitio para la implantación del conjunto. Para su análisis se deberá observar el estado previo a su implantación, la existencia o no de vegetación de interés ecológico, las pendientes y escurrimiento naturales del lugar. Cuanto más se haya modificado menor será el nivel de sustentabilidad.

Luego, con “Incidencia de la sombra proyectada sobre espacios públicos” se busca ver si la edificación afecta el asoleamiento sobre los espacios públicos. Para realizar el análisis se tomó como referencia lo indicado en el RGC del Partido de General Pueyrredon, en donde se exige la verificación del “cono de sombra proyectado” (3.2.9.5 Verificación del cono de sombra). Se entiende que es

importante observar la incidencia de sombras no solo en los espacios costeros, sino en el espacio público en general. En cuanto a la ponderación cualitativa luego de la evaluación se considera que a menor incidencia del cono de sombra sobre el espacio público es mejor el desempeño sustentable.

## **1.2. Orientación y Vientos**

En la evaluación de este tema se deberán considerar las características climáticas analizadas del sitio de implantación. Para el caso de Mar del Plata, siendo que su clima es templado frío es importante considerar por un lado las ganancias de energía solar para los meses de invierno, y por otro las protecciones solares para los meses de verano.

El indicador “Grado de ganancia solar de las aberturas en los ambientes principales (estar-comedor, dormitorios)” pretende observar en qué medida los espacios reciben buena iluminación y pueden tener ganancia térmica a partir del correcto posicionamiento de las ventanas que poseen. A nivel local, la orientación más favorable es norte y noreste, y la inclinación del sol al mediodía en invierno es de  $28.55^\circ$ . En la medida en que la mayoría de las aberturas de los ambientes principales estén posicionadas correctamente y permitan el ingreso del sol en invierno, mayor será su nivel de sustentabilidad dado que por efecto invernadero se contribuirá al aumento de la temperatura de los espacios interiores logrando disminuir el gasto energético en calefacción.

Por otra parte, mediante el indicador “Grado de protección del asoleamiento sobre las aberturas”, se busca observar para los meses más cálidos si existen mecanismos de protección que impidan el ingreso del sol obstruyendo el ángulo de incidencia al mediodía y frente al asoleamiento del oeste; de lo contrario se generaría un gran aumento de la temperatura interna de los espacios provocando la necesidad de incorporación de elementos para enfriamiento, como aires acondicionados que tienen un alto consumo energético.

Con el indicador “Grado de exposición del perímetro a los vientos predominantes” se detectará la presencia o no de protecciones frente a los vientos más frecuentes. Este indicador alcanza especial importancia para su análisis en los meses de invierno, dado que la exposición a los vientos generará una disminución de la temperatura en la vivienda, intensificando el consumo de energía para calefacción. Mediante el estudio de los vientos predominantes en el sitio de implantación fue posible observar que desde la dirección NO y O es necesaria protección en invierno. Se deberá observar entonces si en las caras más expuestas a los vientos se utilizan o no mecanismos de protección como barreras forestales u otras construcciones que procuren disminuir su incidencia.

### **1.3. Integración urbana**

Con este tema se pretende observar el impacto de la ubicación del conjunto. Para poder relevar y analizar estos datos se conformaron tres indicadores. El primer indicador, “Grado de cercanía a equipamientos”, tiene en cuenta y evalúa cuantitativamente la distancia del conjunto a los diferentes equipamientos, contemplando también analizar la posibilidad de los habitantes de las viviendas a acceder a los equipamientos primarios. Para poder observar estas distancias se tienen en cuenta radios en metros. Se contempla para:

- Equipamientos de enseñanza: Jardines de infantes y enseñanza primaria, distancia máxima 500m; enseñanza secundaria, distancia máxima 1000m.
- Equipamientos socioculturales: bibliotecas y museos, distancia máxima 1000m; cines y teatros, distancia máxima 5000m.
- Equipamientos comerciales: de abastecimiento diario, distancia máxima 500m.
- Equipamientos de salud: Unidad sanitaria periférica, distancia máxima 500m.
- Equipamientos de servicio a la comunidad: comedores municipales, sociedades de fomento, destacamentos policiales, distancia máxima 1000m; destacamentos de bomberos, distancia máxima 2000m. En la

medida que el conjunto tenga mayor cercanía a los equipamientos mejor será su integración urbana.

Como segundo indicador se evalúa “Grado de inclusión de redes de servicios”, que tiene como objetivo determinar cómo se cumplen las necesidades de las viviendas con respecto a las redes de servicios urbanos. En este ítem se evaluará si el conjunto cuenta con: suministro de agua potable; desagües pluviales; desagües cloacales; suministro de gas; suministro de energía eléctrica; alumbrado público; vías de circulación; estacionamiento y recolección de residuos. Se considera que en la medida que el conjunto tiene acceso a más redes de servicios, mejor es su desempeño sustentable.

El último indicador propuesto es “Grado de cercanía a fuentes laborales y medios de transporte”, teniendo como objetivo visualizar la relación de los habitantes con el lugar en la ciudad donde se encuentren sus fuentes laborales. Se considera que la implantación de los conjuntos no debiera estar a una distancia mayor a 35 minutos yendo en transporte público en hora pico al lugar de trabajo, y los medios de transporte a una distancia máxima de 300m. Si el conjunto cumple en su totalidad con estas condiciones se considera mayor la respuesta a la sustentabilidad social.

Para poder llevar a cabo la evaluación de los indicadores propuestos será necesario contar previamente con el análisis de la ubicación en relación con la ciudad del conjunto de viviendas a evaluar, a partir de la construcción de una Estructura Urbana (Castells, 1979) que permita visualizar la integración del conjunto con la ciudad y con el barrio. Otra documentación necesaria serán las planimetrías de las redes de servicios y transporte.

## **EJE 2. Proyecto y participación**

En la conformación de este eje expuesto en los resultados presentes en la Tabla 2, se partió de los conceptos teóricos utilizados en el artículo “Arqueología de la arquitectura de sistemas” de Aliata (2014), texto que plantea que la arquitectura

de sistemas surge como respuesta a las necesidades de reconstrucción de las ciudades europeas intentando “clarificar el proceso de diseño, descomponer las partes del programa, poder visualizar científicamente sus propiedades para luego poder re-ensamblarlas con certeza”. A su vez, se recurrió al trabajo de investigación realizado por Bertuzzi (2016) en su libro “Hacia una arquitectura adaptable” para la selección de las variables e indicadores que componen este eje.

Para su análisis y desarrollo fue necesario realizar una descripción tipológica de la vivienda. En primera instancia se requiere contar con la documentación necesaria que permita entender la implantación del edificio, las dimensiones y características de los ambientes y la forma de este, que permita poder realizar su clasificación: i) tipología en base al lote: perímetro libre, semiperímetro libre y entre medianeras; ii) cantidad de plantas: planta baja, dos plantas, dúplex; iii) ubicación y características de los accesos, núcleo húmedo y cantidad y posición de ambiente. Este primer análisis de las características propias de la vivienda es necesario para la correcta aplicación de los distintos indicadores.

## **2.1. Crecimientos y ampliaciones**

El propósito de la evaluación de esta variable desde un aspecto funcional es poder visualizar cuál es la capacidad del proyecto de poder ampliarse o crecer para adaptarse a las distintas familias. Se considera de suma importancia para la sustentabilidad no pensar al proyecto de vivienda social como un sistema cerrado, sino como un sistema abierto capaz de moldearse a necesidades cambiantes, garantizando su durabilidad en el largo plazo.

Mediante el indicador “Posibilidad de crecimientos propuestos por el proyecto sobre el terreno” se busca observar la relación entre el “núcleo inicial” propuesto y las etapas de crecimiento y variantes planteadas, con la implantación de la edificación en el terreno. Entendemos por núcleo inicial a la vivienda propuesta para construirse en primera instancia. Para analizarlo es necesario tener en

cuenta la diversidad de superficies y cantidad de ambientes, los ejes circulatorios y la cantidad de etapas planteadas. En su evaluación se considera que a mayor cantidad y posibilidad de etapas planteadas mejor es su desempeño sustentable.

El segundo indicador “Posibilidad de crecimientos propuestos por el proyecto en altura”, propone analizar la propuesta planteada volumétricamente y su capacidad de crecer en etapas en altura. Para ello es necesario entender no solo las cuestiones de la implantación y medidas, sino también los aspectos de resolución constructiva que permiten el crecimiento de la vivienda en altura. Se considera que mientras más posibilidades de crecimientos en altura permita, respetando los límites impuestos por la normativa, mejor es el rendimiento de la vivienda.

Por último, el indicador “Posibilidades de crecimientos a partir de la propuesta tipológica” tiene como objetivo analizar las variantes de la tipología para crecer y ampliarse que no fueron contempladas desde el proyecto. Será necesario el observar las características del núcleo húmedo principal, cocina y baño, sus dimensiones, la localización de las aberturas y la posición en el terreno. A su vez, complementariamente puede realizarse el análisis de las circulaciones principales y su relación con el o los puntos de accesos. Es importante a partir de estos puntos estudiar su relación con una trama modular implícita o explícita para poder valorar el rendimiento de este indicador.

## **2.2. Adaptabilidad funcional**

Consideramos que entender la adaptabilidad funcional en un proyecto de vivienda social es clave porque implica analizar si el proyecto posee la capacidad para albergar las diferentes actividades de acuerdo con los distintos grupos familiares.

El primer indicador “Existencia de espacios neutrales con posibilidad de adaptabilidad”, apunta a visualizar cuáles son los espacios que tienen mejores características para albergar diversidad de actividades. En este sentido, los

espacios neutrales tienen que admitir posibilidades de cambios en su distribución, límites, privatización y relación con las circulaciones y espacios servidos. Para poder evaluar este indicador se entiende que, si están previstas las diferentes posibilidades de cambios funcionales desde el proyecto, el desempeño de la vivienda será mejor.

Con el fin de adaptar a más de un grupo familiar dentro de la misma vivienda, el indicador “Grado de privatización de los ambientes (estar-comedor; cocina-comedor; dormitorios; etc.)”, propone evaluar si es posible que más de un grupo de convivencia pueda desarrollar sus actividades cotidianas. En este caso, se entiende por más de un grupo familiar por ejemplo, a dos parejas conformadas, a dos familias tipo, a individuos que no tienen lazos familiares pero comparten vivienda, etc. Para poder evaluar este indicador es necesario observar la posibilidad de privatizar los ambientes, o la capacidad de multiplicidad y simultaneidad de usos de los espacios, que quedan relacionados directamente con las características tipológicas de la vivienda.

A partir del indicador “Grado de posibilidades de incorporación de una actividad laboral” se busca observar si la vivienda colabora con la capacidad productiva de sus habitantes. Los espacios con posibilidad de ser transformados en espacios de trabajo tienen que poder ser diferenciados de los ambientes “vivibles”, y como otro requisito tendrían que poder independizarse en relación a los accesos, permitiendo así un mejor desempeño en este indicador. Para su evaluación, se tomó en cuenta que mientras más posibilidades de adaptar los espacios a actividades laborales existan, mayor es la sustentabilidad del proyecto.

### **2.3 Participación e Identidad**

Para la construcción de este tema, se plantearon dos indicadores cualitativos que permiten evaluar la calidad de la vivienda con respecto a la apropiación de esta en el sentido social.

Como primer indicador de evaluación se propuso “Grado de identificación con la vivienda”, teniendo en cuenta lo expuesto por Hernández (2014) quien plantea que la necesidad del ser humano de que lo identifiquen y lo diferencien es importante para la sustentabilidad de la vivienda. Para poder medir el grado de afinidad con la vivienda se tomó en cuenta la evaluación de cuatro variables a partir de la realización de entrevistas a los habitantes: Sentido de arraigo; Estatus; Identidad; Pertenencia e Individualidad. A partir del análisis de estas variables es posible evaluar si es mejor la apropiación de la vivienda.

El segundo indicador propuesto para este tema es “Grado de participación” en la concepción de la vivienda. Para conformar este indicador se toman como punto de partida las definiciones de los principales actores sociales participantes en el proyecto de vivienda social: el arquitecto, el comitente y el usuario Pelli (2007). Comprender las relaciones de poder entre los distintos actores sociales que intervienen en la concepción de la vivienda permite establecer cómo son las relaciones que confluyen en el proceso de proyecto, y observar dónde posicionarse para el análisis del mismo. Tener en cuenta el rol del habitante en el proceso de proyecto es sumamente importante y permite que la identificación con la vivienda sea mayor. El análisis de estas cuestiones será posible a partir de la realización de entrevistas.

Para poder evaluar este indicador se entiende entonces la necesidad de relevar en el sitio las condiciones de vida de los habitantes de la vivienda, mediante la implementación de entrevistas, comenzando con datos generales de los mismos, para poder conocer su situación económica y cultural, género, edad, educación, etc, y, a su vez, dentro de la misma será necesario indagar sobre su grado de participación en la concepción de la vivienda y su sentido de apropiación.

### **EJE 3. Desempeño de la envolvente y tecnología**

El objetivo de la implementación del conjunto de indicadores que conforman el último eje, que se corresponde con los resultados presentes en la Tabla 3, es

concebir un marco de análisis tendiente a generar de propuestas constructivas y tecnológicas en las cuales se aprovechen mejor los recursos y energías que provee el medio, para disminuir al mínimo el uso de fuentes no renovables.

De acuerdo con Evans (2010): “(...) la demanda de energía y la potencia del sistema de calefacción dependen de las características de la envolvente, la cual comprende la forma edilicia con las superficies expuestas al aire exterior, la proporción de ventanas y la calidad de hermeticidad, así como la transmitancia térmica de muros y techos. Las pérdidas de energía dependen de las decisiones de diseño arquitectónico y materialidad constructiva.” Partiendo de lo mencionado, es necesario identificar los distintos materiales utilizados y los espesores empleados en la construcción de las viviendas. Se deberá prestar especial atención a las características de la cubierta, las carpinterías, y también las fundaciones teniendo en cuenta las propiedades del suelo. Contar con la descripción detallada de las cualidades de la envolvente permite adquirir una mejor comprensión para la evaluación de su desempeño energético.

### **3.1. Eficiencia energética**

Con el primer indicador, “Presencia y calidad de aislación térmica de la envolvente completa”, se busca evaluar las aislaciones térmicas de la totalidad de la envolvente. La aislación térmica se define como la capacidad que tiene un material para oponerse al paso del calor, al intercambio de energía calórica entre el ambiente interior y el exterior. Para analizar este indicador es necesario entender cuáles son los materiales que cumplen este rol dentro de la envolvente y cuál es su eficiencia con respecto a las solicitaciones térmicas. Se valora la presencia de aislaciones adecuadas y de buena calidad, así como la manera en que están colocadas dentro de la envolvente. Una buena aislación térmica mejora la calidad de vida de las familias ya que implica un mayor nivel de confort, mejor salud, menor contaminación y mayor durabilidad de la vivienda.

El segundo indicador, “Presencia y continuidad de la aislación hidrófuga de la envolvente”, tiene como objetivo evaluar las aislaciones hidrófugas del proyecto. Los materiales hidrófugos son aquellos que actúan como barrera contra la humedad para evitar su ingreso o filtración por los distintos elementos constitutivos de un edificio. Para examinar este indicador es necesario identificar los materiales utilizados y tener en cuenta la calidad y colocación de los mismos.

Por último, se planteó evaluar las viviendas a partir del indicador “Grado de cumplimiento de la norma IRAM 11900”. La norma IRAM 11900 contempla el desarrollo de una etiqueta de eficiencia energética que tiene como objetivo “el uso racional y eficiente de la energía, destinado a contribuir y mejorar la eficiencia energética de los distintos sectores consumidores de energía”. En específico esta norma plantea para las viviendas el diseño de un sistema de certificación, estableciendo índices máximos de consumo, tanto de energía eléctrica como de energía térmica. Para su evaluación es necesario aplicar el cálculo de la variación media ponderada de temperatura, entre la superficie interior de cada componente de la envolvente y la temperatura interior de diseño (20°C), que permite categorizar en ocho niveles de eficiencia energética de la envolvente.

Mediante el análisis del detalle constructivo de la envolvente de la vivienda es posible obtener la transmitancia térmica ( $k$ ), que es necesaria para la aplicación de la fórmula planteada en la norma. La misma puede realizarse también a través de la Aplicación Web IRAM 11900 del Ministerio de Energía y Minería.

### **3.2. Materialidad y energías renovables**

Con el indicador “Cantidad de materiales de producción local” se analiza la procedencia de los principales componentes para construir la vivienda, ponderando los materiales producidos localmente.

Como segundo ítem de este tema se incorpora la evaluación del “Consumo y calidad energética de los materiales”. Uno de los objetivos de este indicador es

observar la presencia de materiales de bajo consumo energético en todo su ciclo vital. A su vez, es importante tener en cuenta el uso de materiales cuyos recursos no provengan de ecosistemas sensibles y las emisiones que generan en su producción y utilización. Al concluir su vida útil, los materiales pueden causar problemas ambientales severos. Por lo tanto el impacto será menor o mayor según su destino (reciclaje, incineración, reutilización directa). Se entiende que a menor consumo de energía y mayor calidad de los materiales este indicador tiene mayor ponderación.

Con el último indicador propuesto, “Grado de incorporación de mecanismos y/o elementos generadores de energías renovables”, se hace hincapié en el hecho de que las construcciones no solo son generadoras de una gran demanda de energía, sino que a su vez tienen una importante capacidad de captar energías renovables (Evans, 2010). Esto se puede dar a través de estrategias de diseño que aprovechen, por ejemplo, el efecto invernadero, como se analizó en indicadores anteriormente mencionados, o mediante la incorporación de artefactos que pueden ser recolectores de energía solar, energía eólica, biogas, etc. El proyecto será más sustentable en la medida en que tenga incorporados algunos de estos mecanismos para reducir el consumo de energías no renovables, o que al menos prevea su incorporación en el futuro.

## REFLEXIONES METODOLÓGICAS

A partir del estudio realizado se evidencia que la incorporación de estrategias tendientes a la sustentabilidad a través de la evaluación de conjuntos habitacionales, tanto en su etapa de proyecto como en su etapa post-ocupacional, es fundamental para la sociedad. En el caso de la vivienda social, es de especial importancia garantizar la sustentabilidad dada la masividad que implican, la inversión que se requiere para llevarlas a cabo y la dificultad de las familias para acceder a ellas.

Uno de los desafíos en la elaboración de la metodología radicó principalmente en la subjetividad al momento de la selección y ponderación de los indicadores. Aunque existen antecedentes de expertos en la temática a los cuales referirse, es difícil encontrar criterios comunes al momento de evaluar los indicadores. Otra problemática encontrada es el hecho de que la conformación de los indicadores se encuentra condicionada por las características del sitio de implantación, en especial en lo que respecta al eje “Implantación y emplazamiento” en el cual se presta atención a las condiciones climáticas del lugar al momento de darle una valoración a lo observado. Esto llevó a que el instrumento se diseñara de acuerdo con las características del clima de Mar del Plata, lo cual impide su aplicación directa en diferentes entornos, pero reconoce la importancia de interpretar el lugar donde se realizaran para garantizar niveles óptimos de sustentabilidad.

Consideramos que el instrumento construido es factible aún de ser ajustado y mejorado, incorporando más indicadores para la evaluación de la sustentabilidad económica, y también mediante la profundización de la observación de la relación entre el proyecto arquitectónico y modelos de gestión urbanos y políticas públicas de acceso a la vivienda. A su vez, es posible de ser adaptado para su aplicación en la evaluación de casos de vivienda social en otras regiones.

Finalmente, se destaca la función que cumplen los indicadores aplicables para la evaluación de la sustentabilidad, ya que permiten considerar aspectos implicados en el concepto desde una perspectiva integral previamente a la ejecución de los proyectos. Además pueden aplicarse para una evaluación posterior a fin de monitorear la evolución de su sustentabilidad con las modificaciones surgidas del uso y ocupación por parte de sus habitantes. Aunque en este trabajo el foco de evaluación de la metodología principalmente se centró a nivel de proyecto arquitectónico, la aplicación de los indicadores debería contemplarse a su vez para estudiar más en profundidad las características de

los conjuntos de vivienda social en relación con la escala barrial y urbana, de forma de lograr un análisis integral de la sustentabilidad.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aliata, F. (2014). Arqueología de la Arquitectura de Sistemas. *Registros. Revista de investigación histórica*, 11: 6-19.
- Bertuzzi, H. (2016). *Hacia una arquitectura adaptable. Estrategias y Recursos proyectuales para la vivienda de interés social en altura*. Mar del Plata: Editorial Martin.
- Castells, M. (1979). *La cuestión urbana*. Madrid: Siglo XXI.
- Czajkowski, J. y Gómez, A. (2009). *Arquitectura Sustentable*. Buenos Aires: 1ª ed. Arte Gráfico Editorial Argentino.
- Díaz Varela M.J. y Tomadoni, M.M. (2018). Evaluación de la sustentabilidad del proyecto de vivienda de interés social mediante indicadores: El caso del Plan Dignidad en el barrio El Martillo, Mar del Plata. *Arquisur revista*, 13: 44-55.
- Evans, J. (2010). *Sustentabilidad en arquitectura 1*. Buenos Aires: Consejo Profesional de Arquitectura y Urbanismo.
- Fernández, R.; Allen, A.; Burmester, M.; Malvares Míguez, M.; Navarro, I.; Olszewski, A. y Sagua, M. (1999). *Territorio, Sociedad y Desarrollo Sustentable, Estudios de Sustentabilidad Ambiental Urbana*. Buenos Aires: Espacio Editorial, Centro de Investigaciones Ambientales, FAUD-UNMdP.
- Hernández, G. (2014). Vivienda y calidad de vida. Medición del hábitat social en el México Occidental. *Revista Bitácora Urbano Territorial*, 24:142-158.
- Norma IRAM 11.601 (1996). Aislamiento térmico de edificios. Métodos de cálculo. Propiedades térmicas de los componentes y elementos de construcción en régimen estacionario. Instituto de Racionalización Argentino de Materiales, Buenos Aires, Argentina.
- Norma IRAM 11.603 (1996). Acondicionamiento térmico de edificios. Clasificación Bioambiental de la República Argentina. Instituto de Racionalización Argentino de Materiales, Buenos Aires, Argentina.
- Norma IRAM 11.604 (1996). Aislamiento térmico de edificios. Verificación de sus condiciones higrotérmicas. Ahorro de energía en calefacción. Coeficiente volumétrico G de pérdidas de calor. Instituto de Racionalización Argentino de Materiales, Buenos Aires, Argentina.

- Norma IRAM 11.605 (1996). Acondicionamiento térmico de edificios. Condiciones de habitabilidad en edificios. Valores máximos de transmitancia térmica en cerramientos opacos . Instituto de Racionalización Argentino de Materiales, Buenos Aires, Argentina.
- Norma IRAM 11.625 (2006). Aislamiento térmico de edificios. Verificación de sus condiciones higrotérmicas. Verificación de riesgo de condensación superficial e intersticial en los paños centrales de muros exteriores, pisos y techos de edificios en general. Instituto de Racionalización Argentino de Materiales, Buenos Aires, Argentina.
- Norma IRAM 11.659 (2006). Aislamiento Térmico de edificios. Verificación de sus condiciones higrotérmicas. Ahorro de energía en refrigeración. Instituto de Racionalización Argentino de Materiales, Buenos Aires, Argentina.
- Norma IRAM 11.900 (2010). Etiqueta de eficiencia energética de calefacción para edificios. Clasificación según la transmitancia térmica de la envolvente. Instituto de Racionalización Argentino de Materiales, Buenos Aires, Argentina.
- Ordenanza 6997. (1987). *Reglamento General de Construcciones*. Partido de General Pueyrredon, Mar del Plata.
- Pelli, V. S. (2007). *Habitar, Participar, Pertenecer. Acceder a la vivienda - Incluirse en la sociedad*. Buenos Aires: Nobuko.
- Tomadoni, M.M. y Diaz Varela M.J. (2017) Sustentabilidad en la vivienda de interés social en Mar del Plata: una metodología para su evaluación a partir de indicadores. *I+A Investigación + Acción*, 19: (99-122).
- Tomadoni, M.M. y Díaz Varela M.J. (2019) Sustentabilidad social en la vivienda de producción estatal: construcción de indicadores de evaluación a partir del proyecto Quinta Monroy (estudio Elemental, 2002, Iquique, Chile). *Revista de estudios marítimos y sociales*, 14: 102-122.
- Weizsäcker, E., Lovins, A. y Lovins H. (1997). *Duplicar el Bienestar con la Mitad de los Recursos Naturales*. Barcelona: Informe al Club de Roma, Galaxia Gutenberg.

# 11. Medición de los impactos sociales de los residuos electrónicos

[greta.clinckspoor@conicet.gov.ar](mailto:greta.clinckspoor@conicet.gov.ar) (\*)

(\*) Greta Liz Clinckspoor Diseñadora Industrial, Especialista en Gestión Ambiental, Doctoranda en Ciencias Sociales y Humanas, Becaria Doctoral CONICET, Investigadora del IHAM, FAUD UNMdP.

Este capítulo presenta un sistema de indicadores de sustentabilidad, que permite identificar los impactos sociales de los aparatos y de los Residuos Electrónicos vinculados a las Tecnologías de Información y Comunicación (RE-TIC) desde la perspectiva los consumidores. En función de ello, tiene como propósito fortalecer las estrategias para gestionar el posconsumo de los dispositivos mencionados.

Dicha herramienta evalúa tres etapas del ciclo de vida - Consumo, Uso y Descarte, desde tres variables que miden dichas fases - hábitos, información y valoración de los usuarios. Los indicadores aportados en cada una de ellas, permiten identificar aspectos críticos, positivos y negativos, en pos de establecer una gestión socio ambiental sustentable de los RE-TIC en una “Mina Urbana Distintiva (MUD)”. En este sentido, se considera a las MUD de forma análoga a las minas primarias extractivas, ricas en un tipo de material particular; se definen entonces, como espacios uniformes que constan de diferentes tipologías de residuos, lo cual permite reconocerlas de acuerdo con sus características distintivas (Ongondo *et al.*, 2015).

El sistema de indicadores propuesto en este capítulo se relaciona principalmente con el ODS 12, puesto que busca garantizar modalidades de consumo y producción sustentable, desde la perspectiva del Ciclo de Vida Social que integra los aspectos socio culturales de los consumidores. Como antecedentes, se han publicado trabajos de base relacionados con esta temática: Clinckspoor y Suarez (2018), Clinckspoor (2018), Clinckspoor y Ferraro (2020), Retamozo *et al.* (2020).

## ÁREA DE ESTUDIO

En la construcción de este sistema de indicadores, se considera a la Universidad Nacional de Mar del Plata (UNMDP) como una MUD, debido a que presenta una alta concentración de electrónicos de consumo y tecnologías TIC, pertenecientes a los estudiantes de cada Unidad Académica (UA) que la componen. Por consiguiente, se han realizado encuestas a los alumnos, sobre las cuales se valoran los indicadores de sustentabilidad propuestos.

El relevamiento de las encuestas se realizó en el año 2017, sobre una base muestral de acuerdo con la información otorgada por el Rectorado de la UNMDP, que en ese momento contaba con los datos actualizados por estudiantes y por facultad del año 2015. El total de los alumnos inscriptos en las nueve facultades<sup>18</sup> vigentes era de 25.805. Si bien, la información relevada consta de algunos años atrás a la actualidad de esta publicación, se estima que los impactos evaluados no se han modificado hasta la fecha.

## ¿PARA QUÉ SE REALIZA LA INVESTIGACIÓN?

La mayoría de los artículos académicos y estudios realizados en torno a los residuos electrónicos, enfocan sus esfuerzos en analizar y comparar políticas públicas, desde aspectos legales, técnicos, ambientales, económicos y desde los discursos propios del *management* empresarial; los aspectos sociales rara vez son

---

<sup>18</sup> Si bien la Escuela Superior de Medicina (UNMdP) cuenta con una tasa muy alta de estudiantes, no se ha contemplado en este estudio debido a que esta Facultad inició en 2016, por lo que en el momento que se solicitaron los datos a Rectorado, aún no se encontraban las inscripciones vigentes.

considerados debido a las complejidades que representan, y a que los impactos sociales son en su mayoría cualitativos y difíciles de medir y cuantificar (Maas y Liket, 2011). Por otra parte, si se los contempla, son incluidos de modo genérico o estandarizado a partir de parámetros o datos internacionales. Por lo cual, cuando se ponen en práctica políticas de intervención, tienden a perder fuerza ya que no trabajan a partir de las particularidades de la sociedad objetivo. Asimismo, la ciencia fomenta modelos centralizados y políticas diseñadas “desde arriba”, al desplazar la participación ciudadana de los lugares de decisión e influencia (Callen, 2013).

Resulta necesario incluir indicadores de sustentabilidad que permitan identificar los impactos sociales en las conductas de los usuarios, a fin de conducir e incentivar comportamientos sostenibles. Estos aspectos contribuyen a la elaboración, la implementación y la evaluación de estrategias que permitan gestionar la revalorización de los RE-TIC localmente.

## PERSPECTIVA CONCEPTUAL

Dentro del amplio campo de conocimiento que plantea el Desarrollo Sustentable, esta propuesta se sustenta sobre el concepto de minería urbana; el cual se refiere a *“todas las actividades y procesos relacionados con la recuperación de compuestos, energía y elementos de productos, edificios y residuos generados a partir de ciclos urbanos”* (Gómez, 2018). Los RE-TIC se caracterizan por ser una corriente abundante de recursos valorizables, en algunos casos de alto valor en el mercado; por lo cual se plantea que para la recuperación eficiente de sus materiales, los mismos se concentren en MUD, emplazadas en distintos sectores de la ciudad. Como fue adelantado al principio, estos son espacios urbanos con una alta concentración de productos o materiales distintivos. Y en ese sentido, se entiende que son las características sociales de ese espacio urbano, las que delimitan la producción de sus residuos.

Las MUD en establecimientos educativos, como la UNMDP, son factibles de ser consideradas debido a que cuentan con grandes poblaciones de edades similares,

consumidoras de recursos y con hábitos de descarte comparables; que residen en ese espacio urbano por una cantidad estimable de tiempo. Durante el cual, los estudiantes consumirán y dispondrán de grandes cantidades de recursos (Li *et al.*, 2012; Ongondo *et al.*, 2015).

## ¿CUÁLES FUERON LAS CONCLUSIONES?

Las conclusiones principales se estiman a la luz de una interpretación política; de modo que la construcción de los indicadores permita a los tomadores de decisiones considerar los aspectos sociales relevados en un plan de revaloración de RE-TIC, al integrar la perspectiva de los usuarios consumidores. En otras palabras, para gestionar una MUD en la UNMDP, este sistema de indicadores permite reconocer los aspectos clave hacia dónde se deberán enfocar los esfuerzos.

Al momento de implementar un Plan, es importante tener en cuenta la predisposición a favor de realizar conductas sustentables para el tratamiento de los residuos electrónicos por parte de los estudiantes. Al mismo tiempo, resulta necesario proveerles información respecto de las particularidades de esta corriente de desechos.

Por todo lo mencionado, implementar una estrategia que considere a la UNMDP como una MUD, para el tratamiento de esta corriente diferencial de residuos, resultaría exitosa de tomarse en consideración este trabajo previo mejorando especialmente los indicadores que indican impactos sociales Bajos o Muy Bajos.

## ¿QUÉ RESULTADOS SE OBTUVIERON?

En la Figura 1, se evidencian los resultados obtenidos de acuerdo a cada etapa y a las variables que interpelan cada una de ellas. La etapa de Consumo se compone de tres cifras que indican Muy Baja y Baja Sustentabilidad, vinculada con la forma y el lugar donde se obtienen los aparatos, así como los aspectos que los usuarios reconocen de los mismos.

Por otra parte, tanto en la etapa de Uso como en la de Descarte, los valores aportados denotan polaridades. Por un lado, en ambas etapas, los hábitos y la información con la que cuentan los usuarios, indican Muy Baja y Baja Sustentabilidad. Mientras que la valoración expresa una Muy Alta Sustentabilidad. Este es un punto interesante, ya que refleja la predisposición favorable a participar activamente de la revaloración de los RE-TIC.

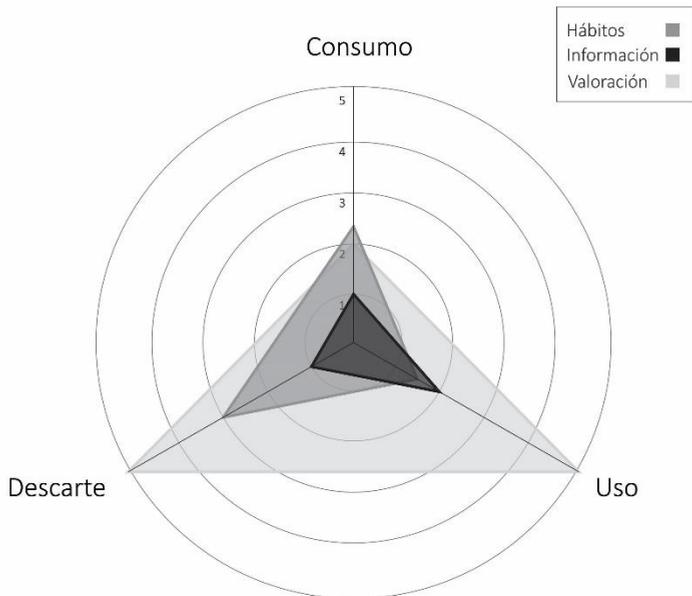
ETAPA	VARIABLE	INDICADOR	PUNTAJE	
Consumo	H	1 Adquisición de AE en su ciudad	4	2.5
		2 Adquisición de AE usados	1	
	I	3 Conocimiento de muchos y/o todos los materiales de los AE	1	1
	V	4 Valoración al adquirir un AE que incluya al menos dos aspectos: Ecológicos, Servicios de Posventa y/o Durabilidad.	2	2
Uso	H	5 Ciclos de reemplazo mayores a dos años	2	1.5
		6 Periodicidad de mantenimiento entre 6 meses y un año	1	
	I	7 Reconocimiento de 2 o 3 impactos negativos en el uso de los AE	2	2
V	8 Concentración en el Uso de un AE para las actividades personales, de estudio y para trabajo	5	5	
Descarte	H	9 Causas de recambio que no impliquen la inutilización del AE	1	2
		10 Modalidades de descarte que admitan la reutilización y prolongación de la vida útil del AE	1	
		11 Disposición a donar o a cambio de un beneficio económico	4	
	I	12 Conocimiento de alguna legislación de RE	1	1
		13 Conocimiento de alguna empresa de RE	1	
V	14 Identificación de las particularidades de los RE	1		
V	15 Consideración que debiera existir una legislación particular	5	5	

**Figura 6.** Resultados de la ponderación de indicadores con las encuestas.

**Fuente:** Elaboración propia.

Los aspectos considerados como menos sustentables, se pueden agrupar según los valores mínimos de los indicadores que se relacionan con la falta de conocimiento de los materiales de los aparatos, la baja valoración de los aspectos sustentables al adquirir los aparatos, el muy bajo mantenimiento de los aparatos, lo cual condiciona en parte su tiempo de vida útil y disminuye los ciclos de reemplazo, la falta de conocimiento de los impactos negativos del uso de los aparatos, las causas de recambio y las modalidades de descarte, así como el conocimiento de leyes y empresas que se dediquen en particular a los RE-TIC.

Cuando se analizan los datos de la evaluación de manera desagregada, se observa, en la Figura 2, que los grados de Muy Alta sustentabilidad se presentan en las etapas de Uso y Descarte, sobre la valoración de los usuarios en términos de concentración de las actividades que realizan en un aparato y de su consideración sobre que debiera existir una legislación particular para contener y conducir la gestión de los RE-TIC de manera diferenciada.



**Figura 2.** Los resultados de los indicadores en gráfico tipo araña.

**Fuente:** Elaboración propia.

## ¿CÓMO SE OBTUVIERON LOS RESULTADOS?

Desde la perspectiva propuesta por la UNEP-SETAC (2009), que permite identificar los impactos sociales en cada etapa del Ciclo de Vida Social (CVS) de un producto, se ha concentrado este estudio en trabajar, como lo muestra la Figura 3; sobre las etapas de Consumo, Uso y Descarte de los aparatos y residuos electrónicos. Cabe señalar, que los datos plausibles a ser medidos por los

indicadores de sustentabilidad aquí propuestos, fueron primeramente relevados en el universo de los estudiantes de la UNMDP, a partir de encuestas estructuradas sobre las etapas del CVS. Previamente a la conformación de las encuestas, se establecieron las categorías de sustentabilidad representadas en cada pregunta de la encuesta.



**Figura 3.** Etapas del Ciclo de Vida de los RE-TIC, consideradas en el estudio para la construcción de los Indicadores de Sustentabilidad.

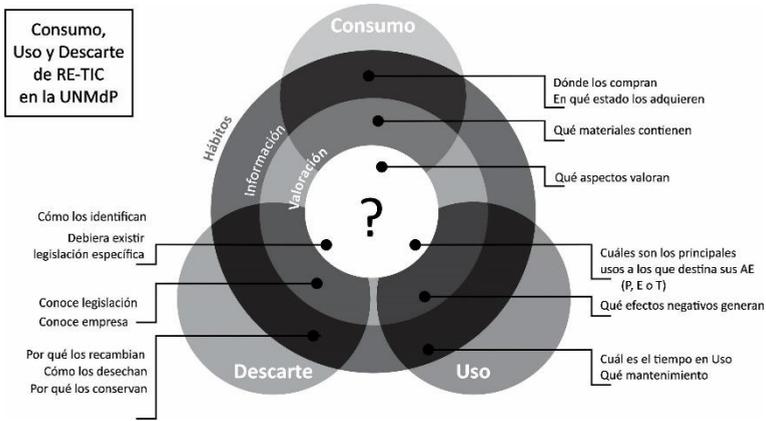
**Fuente:** Elaboración propia.

### **Elaboración, realización y análisis de las encuestas**

Con el objetivo de establecer en una primera instancia los Patrones de Consumo, Uso y Descarte de los aparatos y residuos electrónicos; se diseñó una encuesta autogestionada, efectuada sobre una muestra delimitada estadísticamente de 400 estudiantes. Luego fue cargada y procesada, en el programa estadístico informático SPSS (*Statistical Package for the Social Sciences*), empleado habitualmente en ciencias sociales y aplicadas. A partir de ese momento, se produjeron los datos relativos para la evaluación del MUD, de acuerdo con cada Indicador de sustentabilidad que se detallará a continuación.

## Definición de las categorías de sustentabilidad

Cada etapa, de Consumo, Uso y Descarte; fueron consideradas desde tres variables de análisis: Hábitos, Información y Valoración, del mismo modo se organizaron los datos relevados, Figura 4. A partir de cada una de ellas, se establecieron los indicadores para etapa.



**Figura 4.** Correspondencia entre las preguntas de las encuestas y las variables de análisis.

**Fuente:** Elaboración propia

Las tres variables, permiten identificar los aspectos críticos, máximos o mínimos, positivos o negativos, mejorables o como capacidades sobre las cuales debiera apoyarse un plan de gestión en este MUD. Las variables fueron seleccionadas, por un lado, debido a que la concepción del CVS, permite comprender cómo los impactos de cada etapa, condicionan la siguiente. Por otro lado, desde la perspectiva centrada en quienes utilizan los dispositivos, cada categoría denota qué aspectos de estos pueden conducirse con el fin de optimizar las conductas en relación con la sustentabilidad.

Los hábitos, se entienden como los comportamientos que los encuestados reconocen vinculados a la adquisición, uso y descarte de los aparatos. Se analiza dónde y cómo los obtienen, durante cuánto tiempo los utilizan y si les efectúan mantenimiento para prolongar su durabilidad, por qué los dejan de utilizar, cómo

los descartan y si están predispuestos a donarlos o entregarlos por algún beneficio económico.

La información intenta relevar el conocimiento que los encuestados poseen en relación a estos aparatos, se asocia con el reconocimiento de los materiales, de los impactos negativos en la salud durante la etapa de uso, si identifican legislaciones específicas o empresas que los traten, así como la comprensión sobre las particularidades de esta corriente de residuos.

Por último, la valoración se mide de acuerdo con los aspectos que ponderan al adquirir un aparato, si prefieren concentrar más de una actividad en el mismo dispositivo o utilizan varios para diferentes acciones y si estiman necesaria una ley que conduzca su gestión de forma específica.

### **Definición positiva de cada indicador de sustentabilidad**

En esta fase, los indicadores se evalúan considerando distintos grados de sustentabilidad en función de los aspectos contenidos en el cuestionario de relevamiento. Por ejemplo, se establece que adquirir los aparatos localmente y como usados, es más sustentable que otras alternativas. De igual forma, se contabilizan los porcentajes de quienes reconocen muchos o todos los materiales, de quienes valoran aspectos ecológicos, postventa y durables, uso del aparato mayores a dos años con mantenimientos entre seis meses y un año. Bajo el mismo criterio se trabajó cada indicador de acuerdo a las situaciones más beneficiosas posibles en cada categoría de análisis.

### **Ponderación y resultado de la evaluación con los indicadores**

Desde la consideración de los mejores niveles de sustentabilidad, se diagramó una escala de valoración, Figura 5, que permitió identificar por quintiles los porcentajes relevados en las encuestas. Al establecer las categorías por intervalos regulares, se asigna de muy baja a muy alta sustentabilidad, un valor numérico para estimar cada indicador. En los casos que cada variable se compone de dos o más indicadores, se promedia el resultado final.

Porcentaje de resultados	Categorías de Sustentabilidad	Puntaje
0% a 20%	MUY BAJA	1
21% a 40%	BAJA	2
41% a 60%	MEDIA	3
61% a 80%	ALTA	4
81% a 100%	MUY ALTA	5

**Figura 5.** Escala de valoración

**Fuente:** Elaboración propia.

Los datos porcentuales de las encuestas se trasladaron a cada indicador, y se identificaron con gradientes correspondientes a la escala de valoración, a fin de reconocer rápidamente los puntos críticos, de baja o muy baja sustentabilidad con los tonos más oscuros; así como los de alta o muy alta sustentabilidad con los más claros.

## REFLEXIONES METODOLÓGICAS

Con la finalidad de contribuir con las metas del ODS 12, en relación al consumo y producción sustentable, el sistema de indicadores propuesto en este capítulo colabora con la observación y mejora integral de las etapas trabajadas a partir de la perspectiva socio cultural que envuelve a los consumidores. El Ciclo de Vida Social, considera cómo los impactos de una etapa se vinculan con la que la precede y su sucesoria; en otras palabras, la forma en que se producen los aparatos y la información relevante que se aporte en esta etapa condiciona la forma de consumo social de los mismos y luego su descarte.

En este caso particular las etapas que se evalúan de consumo, uso y descarte de RE-TIC, se encuentran fuertemente interrelacionadas. Por este motivo, es necesario incluir una herramienta que permita medirlas de forma simultánea con el fin de identificar los aspectos a mejorar en cada una de ellas, lo cual, entre otras cuestiones, propiciará una evolución eficiente y sustancial en todo el sistema.

Si bien los aparatos que se evalúan provienen de la manufactura internacional, la estrategia de gestión propuesta para de un MUD permite planificar y contener en una escala organizacional local, como la UNMdP, la revalorización de los RE-TIC de manera sustentable, controlada y segura. Por lo cual, el desarrollo de este sistema de indicadores resulta comparable a ser aplicado en otras posibles minas urbanas distintivas en la ciudad de Mar del Plata.

Desde los aportes instrumentales, cabe señalar que los indicadores pueden adaptarse para ser aplicados sobre personas, dentro de organizaciones y no únicamente sobre una MUD, como se ha realizado en este caso.

Al haberse organizado los resultados de cada variable en las distintas etapas, permite observar los comportamientos de manera desagregada y en consecuencia, posibilita afectar positivamente los valores bajos o muy bajos a fin de concentrar esfuerzos que contribuyan a la elaboración, implementación y evaluación de estrategias para gestionar la revalorización de los RE-TIC localmente.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Callen, B. (2013) Esto no es basura: conflictos medioambientales y estrategias ciudadanas alrededor de la basura electrónica. Comunicación. *Congreso Internacional de Psicología ambiental*. UOC / UB / UAB. Barcelona. 22-25  
[http://www.makeatuvida.net/descargas/rehogar7/REHOGAR\\_2015\\_blanca01.pdf](http://www.makeatuvida.net/descargas/rehogar7/REHOGAR_2015_blanca01.pdf)
- Clinckspoor, G. (2018) Análisis y caracterización de los principales stakeholders vinculados a la revalorización de los desechos electrónicos en el partido de General Pueyrredón, según las corrientes de materiales y los sub-componentes. *IX Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental*. Instituto Brasileiro de Estudos Ambientais. São Bernardo do Campo. São Paulo
- Clinckspoor, G. y Ferraro, R. F. (2020). Análisis de los actores involucrados en el tratamiento de los residuos electrónicos de las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC), en la ciudad de Mar del Plata. *Antípoda. Revista de Antropología y Arqueología*, (39): 41-64.

- Clinckspoor, G. & Suárez, F. (2018). Los RAEE, nuevos desafíos urbanos. Una aproximación a los estudios sobre residuos de aparatos electrónicos y eléctricos en Latinoamérica. *Recicloscopio V*, 285-320.
- Gómez, J. (2018) *Minería Urbana: Recuperación de Metales y Elementos Estratégicos de Ciclos Urbanos*. Tesis de Grado Ingeniero Industrial. Universidad de Barcelona. España.
- Li, B., Yang, J., Song, X., Lu, B., 2012. Survey on disposal behaviour and awareness of mobile phones in Chinese University Students. *Proc. Environ. Sci.* 16, 469–476.
- Maas, K., & Liket, K. (2011). Social impact measurement: Classification of methods. In *Environmental management accounting and supply chain management* (pp. 171-202). Springer, Dordrecht.
- Ongondo, F., Williams, I. y Whitlock, G. (2015). Distinct urban mines: exploiting secondary resources in unique anthropogenic spaces. *Waste management*, 45, 4-9.
- Retamozo, E.; Clinckspoor, G. y Panzone, C. (2020) Bases y fundamentos para la detección de usuarios tipificados en el Diseño de Comportamiento sostenible del consumidor. *Escenarios difusos. Prácticas de diseño y tendencias*. Cuadernos del Centro de Estudios en Diseño y Comunicación N°115. Universidad de Palermo. pp.107 – 121.
- UNEP-SETAC. (2009). Guidelines for social life cycle assessment of products. *United Nations Environment Programme (UNEP) and Society of Environmental Toxicology and Chemistry (SETAC)*, Bélgica.

## 12. Reflexiones metodológicas sobre la realización de mapas colectivos

[vickycabral17@gmail.com](mailto:vickycabral17@gmail.com) (\*)

(\*) Victoria Cabral Lic. en Sociología, Doctoranda en Ciencias Sociales, UBA, Becaria doctoral del CONICET, Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras FCEYN, UNMdP-CONICET, Investigadora del IHAM FAUD UNMdP.

La cartografía social permite la obtención de mapas elaborados de manera colectiva dentro de un espacio participativo que implica intercambios y debates acerca de determinado territorio. Se constituye como una herramienta de gran utilidad para todas aquellas actividades que se enmarcan en la Educación Ambiental (EA).

Atendiendo al concepto de sustentabilidad, la educación constituye un lugar central en la promoción, sensibilización y concientización ambiental. Actualmente, en el marco de los Objetivos del Desarrollo Sostenible (ODS), la EA se encuentra contenida en los objetivos N° 1, 4, 6, 7, 11, 12 y 13. Esto nos indica su importancia para hacerle frente a los objetivos ambientales, políticos y económicos en un mismo proceso hacia un desarrollo sustentable.

En sus aspectos metodológicos, la cartografía social permite orientarnos en la construcción de indicadores de sustentabilidad desde una perspectiva participativa que otorga un lugar y protagonismo a los actores sociales.

Este capítulo retoma y expone experiencias realizadas en el marco de la extensión universitaria, presentando, a modo de caja de herramientas, aspectos que favorecen la realización de cartografías sociales durante el proceso de elaboración de indicadores. Para ello, considera como antecedentes clave, los aportes de Diez Tetamanti y Escudero (2012), Diez Tetamanti y Chanampa (2016) y el grupo Iconoclasistas (Resler y Ares, 2013).

## ¿PARA QUÉ SE REALIZA LA INVESTIGACIÓN?

En los últimos años, la cartografía social ha cobrado gran popularidad tanto en el ámbito académico como en la educación formal e informal. Anteriormente ligada a la extensión universitaria, hoy nos encontramos con gran cantidad de publicaciones nacionales e internacionales que sistematizan y comunican experiencias realizadas desde distintas áreas de estudio. Algunos ejemplos que abordan temáticas ambientales son los trabajos de González *et al.* (2016), Valderrama-Hernández y Solís-Espallarga (2015), Griggio *et al.* (2019), entre otros. Desde una mirada cualitativa, se propone abordar la cartografía social desde sus potencialidades metodológicas, en vistas a reflexionar sobre la construcción de indicadores de sustentabilidad. Para ello, se retoma una experiencia realizada en el marco de la extensión universitaria junto a recicladores urbanos.

## PERSPECTIVA CONCEPTUAL

Actualmente, el mapa tradicional o hegemónico no expresa a simple vista los conflictos. Se trata de un mecanismo que sostiene reglas y refuerza valores sociales, siendo la técnica de clasificación un tipo de control y disciplina (Diez Tetamanti, 2019:29). Apartarnos de él, implica cuestionar los reduccionismos

geográficos sintetizados en el planisferio. Para esta tarea, la cartografía social se presenta como un instrumento o metodología que permite acceder a lo territorial y sus posibilidades de transformación (Caballeda, 2012). Se trata de un dispositivo de intervención, que mediante la construcción colectiva nos permite obtener mapas de tipo subjetivo, comunitario y caótico (Diez Tetamanti y Escudero, 2012). Al ser dinámicos e incompletos, adquieren condición de hipertextualidad, es decir, se combina con experiencias sonoras, orales y audiovisuales. Sin embargo, predomina en ellos el lenguaje visual de tipo gráfico al emplearse imágenes, plantillas y pictogramas que refieren a diferentes elementos, situaciones, instituciones, problemáticas y todo aquello que hace a la constitución y dinámica de los espacios y territorios.

Los talleres de mapeo colectivo se constituyen como un espacio de creación itinerante que se despliega en tres dimensiones: artísticas, políticas y académicas. La primera de ellas refiere a las poéticas de producción y dispositivos gráficos. Las políticas al activismo territorial y las implicancias institucionales. La dimensión académica, involucra a las pedagogías críticas y la investigación participativa (Resler y Ares, 2013). Es sobre esta última que nos detendremos en este capítulo atendiendo principalmente a sus aspectos metodológicos para finalmente reflexionar a la luz de aportes que interpelan los procesos socioambientales y los modos de hacer ciencia.

## ¿CUÁLES FUERON LAS CONCLUSIONES?

En su potencial metodológico, ¿qué nos permite la cartografía social? A partir de experiencias realizadas en contextos de educación formal e informal como así también instancias de extensión universitaria, se arribó a una sistematización de los aportes de la cartografía social. La misma permite:

- Apartarnos de los criterios técnicos, para incorporar aspectos simbólicos que tienen los pobladores del territorio de interés en nuestra investigación o intervención.

- Conocer cómo los ciudadanos/as perciben y transitan su entorno.
- Contribuir a la consolidación de la cartografía social como método participativo.
- Fortalecer el vínculo de la universidad con la comunidad, por ejemplo desde el acompañamiento a organizaciones sociales, ONG'S, movimientos sociales, entre otros.
- Combinar con otras metodologías que complementen aquellos puntos clave que arroja el mapa colectivo.
- Hallar nuevos indicadores de una problemática o conflicto.
- Identificar criterios para el diseño de proyectos.
- Corroborar si nuestra forma de entender la problemática o conflicto concuerda con la realidad del territorio.

## ¿QUÉ RESULTADOS SE OBTUVIERON?

A modo de ejemplo para reflexionar en términos metodológicos, se toma como referencia principal, la actividad de extensión universitaria “Los recuperadores urbanos y su aporte en el desarrollo sustentable de la ciudad de Mar del Plata”. En ella, parte del equipo de investigadoras del Instituto del Hábitat y del Ambiente (IHAM, FAUD UNMdP), realizó una encuesta a recuperadores urbanos sobre condiciones de trabajo y aspectos socioeconómicos. Como complemento, en uno de los encuentros del registro, se realizó un mapa colectivo del cual participaron recuperadores del Barrio Villa Evita de la ciudad de Mar del Plata. El objetivo fue georreferenciar los recorridos que realizan los recuperadores en su jornada laboral a fin localizar sitios estratégicos en los cuales abrir nuevos puntos sustentables. Estos puntos refieren a instituciones públicas o privadas de la ciudad que autogestionan la separación de material óptimo para reciclar y posteriormente entregar en mano a carreros y cartoneros del Movimiento de Trabajadores Excluidos (MTE-UTEP).

El mapa realizado junto a los recuperadores, nos permitió arribar a una serie de resultados preliminares. En los recorridos señalados notamos que las zonas más

frecuentadas son las de microcentro y el tránsito por avenidas. A la vez, en estas zonas son recurrentes los secuestros de caballos por parte de las autoridades o por denuncia de vecinos/as. Además, los recorridos son realizados por la mañana, en una jornada diaria de entre 4 y 5 horas. Estos datos, nos permitirán identificar cuáles son las instituciones o espacios óptimos para los puntos sustentables, centrándonos en la aceptación que tiene la actividad en determinados barrios.

## ¿CÓMO SE OBTUVIERON LOS RESULTADOS?

En este apartado, se identifican y resumen los pasos del proceso de elaboración de mapas colectivos para quienes deseen aplicar esta metodología, considerando la diversidad de formas de encarar esta actividad. A modo de ejemplo, se resume en la Tabla 1 el proceso de elaboración del mapa colectivo junto a recuperadores urbanos.

**Tabla 1.** Ejemplo del procedimiento de cartografía social realizada en la actividad de extensión “*Los recuperadores urbanos y su aporte en el desarrollo sustentable de la ciudad de Mar del Plata*”.

DISEÑO	Diseño de campo, no experimental y exploratorio.
PARTICIPANTES	Carreros y Cartoneros de la ciudad de Mar del Plata, principalmente del barrio Villa Evita, convocados de manera voluntaria.
OBJETIVO	Georreferenciar los recorridos de carreros y cartoneros que realizan en su jornada laboral.
DERROTERO E INSUMOS	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Mapa de la ciudad de Mar del Plata (de gran tamaño)</li> <li>-Pictogramas autoadhesivos acordes a la temática general (tipo de residuos, puntos de acopio, problemáticas, etc.)</li> <li>- Fibrones y resaltadores</li> <li>-Preguntas de soporte : <ul style="list-style-type: none"> <li>¿Por qué zonas recuperas material generalmente? ¿Hay zonas o lugares específicos que sabes que encontras material? ¿De qué tipo? ¿Identificas lugares de la ciudad donde hay microbasurales? ¿Recolectas algo de ahí?</li> <li>¿Cuáles son los lugares de acopio? ¿Cuál podría ser un punto verde que facilite tu trabajo? ¿Hay lugares donde no tenes permitido circular?</li> </ul> </li> </ul>

DINÁMICA DE TRABAJO	Se trató de un solo encuentro en el marco de la realización de una encuesta a carreros y cartoneros de Mar del Plata. Se dispuso del mapa en una pared de uno de los centros de acopio de material de residuos reciclables del barrio Villa Evita. Luego de que cada reciclador/a accedió a responder la encuesta, participó del mapeo colectivo señalando con pictogramas su recorrido diario.
ANÁLISIS	Escritura como interpretación en vistas a favorecer el diseño de políticas públicas para el sector.

**Fuente 1.** Elaboración propia.

## Diseño

El diseño corresponderá al tipo de estrategia de investigación adoptado por el equipo a cargo. Si bien el marco general es la investigación acción, la cartografía social se puede intercalar con estudios de caso, etnografías, etnometodología e historias de vida. Es decir, puede presentarse como estrategia de investigación o como método de recolección de información.

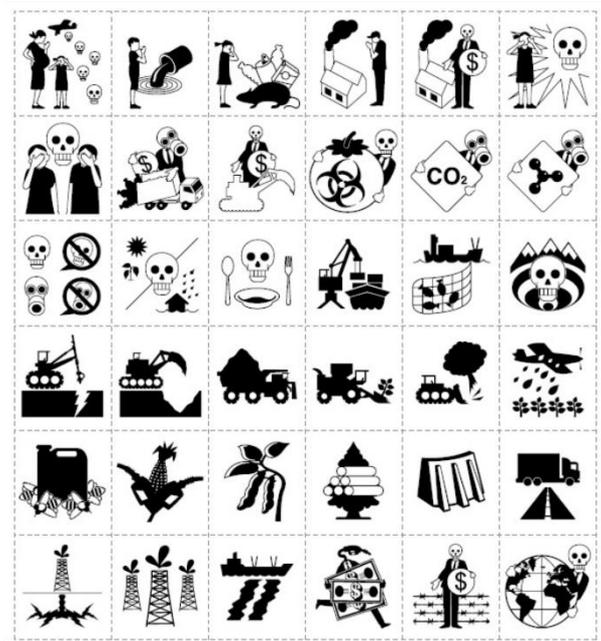
## Participantes

Generalmente el mapeo colectivo convoca a grupos vinculados a una problemática específica sobre la que se espera reflexionar mediante la elaboración de un mapa. Hoy en día contamos con gran cantidad de herramientas que amplían no solo los objetivos sino el alcance a infinidad de grupos y edades, trascendiendo la lógica barrial. Por ejemplo, es posible trabajar con niños/as, ancianos/as, instituciones, grupos de estudiantes entre otros.

## Derroteros e insumos

Al pensar la cartografía social como instrumento de intervención, Carballeda (2012) señala que el proceso inicia con la identificación de categorías, variables e indicadores para lo cual es necesario definir el sentido de la acción, su intención y pautas de trabajo grupal. Como parte de una metodología proyectual, la dinámica de trabajo de la cartografía social implica contar con un derrotero y planificar las etapas del taller de elaboración de mapas. Diez Tetamanti (2019)





**Figura 2.** Pictogramas del grupo *Iconoclasistas*.

**Fuente:** Grupo Iconoclasistas, disponible en <https://iconoclasistas.net/>

### Dinámica de trabajo

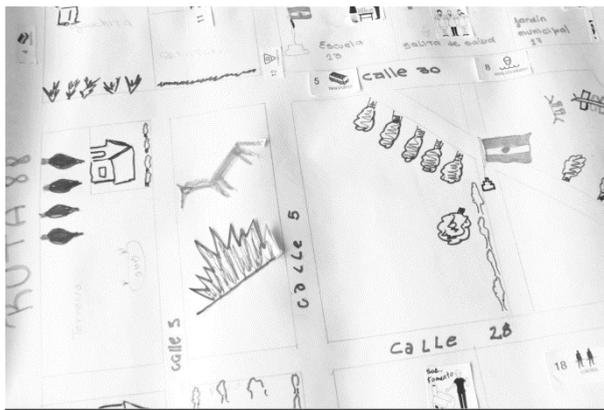
Al momento de encarar una cartografía social, encontraremos una diversidad de dinámicas de trabajo siendo el trabajo grupal, la condición imprescindible para instancias participativas. El mismo puede ser llevado a mediante la modalidad de “mesas en el espacio público o mapeos al paso” (Risler y Ares, 2013), en el piso, con participación al azar, entre otras. Cabe considerar que la modalidad adoptada dependerá de la predisposición de los participantes, su edad y contexto en el que se realiza. El mapa base/soporte sobre el cual se trabaja puede ser el del barrio o ciudad. No obstante, existe la posibilidad de trabajar con “la hoja en blanco” y permitir que el grupo establezca los propios límites de lo que considera su territorio. En las Figuras 3 y 4 se observan las diferencias entre trabajar con un mapa ya establecido y sin él, dejando en mano de los participantes su elaboración desde cero. Sobre este punto, hay que tener en cuenta que esta última, es una

instancia de trabajo que implica un seguimiento y quizá no baste con un solo encuentro.



**Figura 3.** Mapa realizado en la actividad de extensión “Los recuperadores urbanos y su aporte en el desarrollo sustentable de la ciudad de Mar del Plata”, sobre la base del mapa del Partido de General Pueyrredon, 2019.

**Fuente:** Fotografía de la autora.

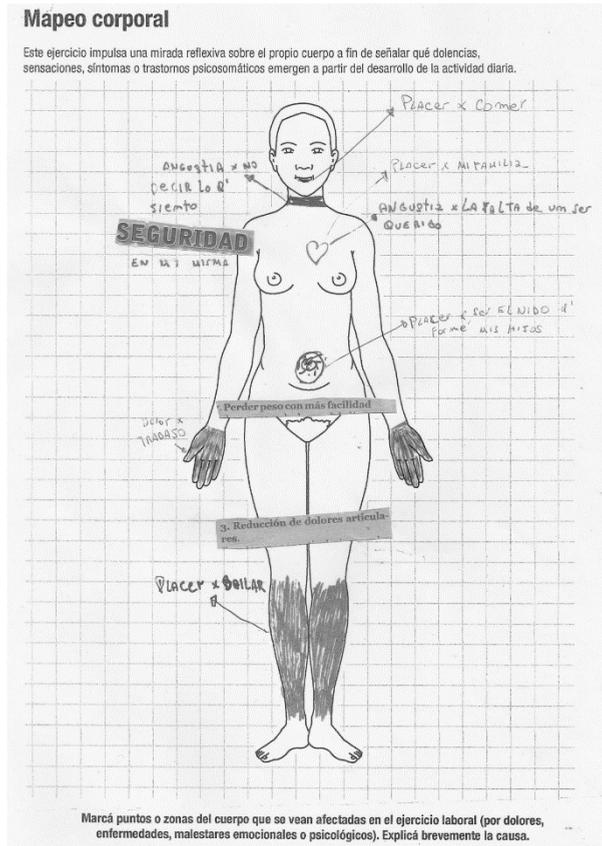


**Figura 4.** Mapa de El Boquerón, realizado por estudiantes del Plan Fines II, noviembre de 2017. Elaborado sobre cartulina.

**Fuente:** Fotografía de la autora.

Cabe mencionar que los mapas no solo representan el espacio físico, sino que nos permiten pensar el cuerpo como territorio. Aquí los soportes se amplían, como se observa en la Figura 5. En este sentido, un ejemplo significativo es el trabajo de Segovia *et al.* (2019) quienes, al combinar observación, grupos de conversación y mapas corporales, analizan la experiencia subjetiva del cuerpo de hombres y mujeres en una Región minera en Chile.

En la experiencia realizada por parte del equipo de IHAM se contó con una guía de preguntas que orientó a los investigadores y un mapa de Mar del Plata. Sin embargo, al ser intervenido se privilegió la deriva y dinámica propia que adquirió la actividad en el señalamiento de los recorridos de ida y vuelta en la jornada laboral de cada carrero/cartonero que participó de la actividad. Así, se registró el lugar de residencia de cada participante, lugares de comercialización, materiales que se recolectan en el camino, espacios óptimos para ampliar y/o consolidar la actividad y aquellos donde el “control ciudadano” o policial limita el trabajo de los recuperadores.



**Figura 5.** Mapa corporal realizado por estudiante del Plan Fines II, Mar del Plata, 2018.

**Fuente:** Elaboración propia sobre recurso gráfico de Iconoclastas.

## Análisis

Podemos detenernos en el proceso de elaboración o abordar el mapa elaborado como imagen u obra, esto dependerá del marco teórico de referencia. A la vez, la información recolectada puede ser procesada mediante la utilización de software Atlas.ti o QGIS. Las notas de campo registradas en las instancias del taller o encuentro contribuyen al análisis del mapa y la comparación de nuestro punto de vista con el de los participantes.

## **Aportes a la construcción de indicadores**

La construcción de indicadores ambientales es un proceso que generalmente nos ubica frente a los siguientes interrogantes: “¿Cuántos componentes e indicadores incluir en el índice? ¿Son los indicadores una buena aproximación a la medición del fenómeno a evaluar?” (Escobar, 2006: 77).

Como sugiere Quiroga Martínez (2009) es vital mantener una actitud flexible en el proceso de elaboración de indicadores que permita encarar de la mejor manera los cambios que puedan surgir. Asimismo la flexibilidad en el proceso creativo, resulta necesaria ya que “existe espacio para imaginar, modificar, perfeccionar y redescubrir indicadores, y tener la capacidad de desarrollar estos nuevos potenciales indicadores en cualquier momento del trabajo de los equipos, de forma que no se pierda su aporte por rigideces de ningún tipo” (p. 35). Además, sugiere que los indicadores sean mostrados de forma comprensible y atractiva, siendo los gráficos y mapas, formatos que permiten una mejor comprensión (p. 34). Una buena opción para ello es exhibir los mapas colectivos que forman parte del proceso de elaboración de indicadores.

Atendiendo estas consideraciones, la cartografía social se ubica entre la selección de potenciales indicadores y la selección de indicadores definitivos. Al realizar este proceso de manera participativa, se evita que las decisiones metodológicas recaigan solo en el investigador o investigadora. Trabajar de esta manera favorece la toma de decisiones respecto a qué indicadores o componentes incluir en índices. Además, contribuye a la comunicación de los resultados, atendiendo al proceso de elaboración y su representación gráfica. Nos permite reducir los márgenes de desconfianza, corroborar que los indicadores se aproximen al problema a evaluar y su medición.

## **REFLEXIONES METODOLÓGICAS**

La versatilidad de la cartografía social permite combinar múltiples prácticas metodológicas en un mismo proceso de investigación. Así, nos permite identificar

no solo el punto de vista de la comunidad sino también actores clave a entrevistar e instancias de observación participante. Esta combinación, propia de una metodología cualitativa, dota a la investigación de rigor, amplitud y complejidad (Flick, 2002).

Como toda actividad realizada en trabajo de campo, la cartografía social no está exenta de la vigilancia epistemológica. Siendo que el campo no es un espacio geográfico sino una decisión del investigador al considerar ámbitos y actores (Guber, 2004) resulta inevitable no dejar de considerar la reflexividad. Se trata de un “proceso de interacción, diferenciación y reciprocidad entre la reflexividad del sujeto cognoscente-sentido común, teoría, modelo explicativo de conexiones tendenciales-y la de los actores o sujetos/objetos de investigación” (p. 87). Estar atentos a este proceso nos permite cuestionarnos con que teorías o conceptos “bajamos” a campo. Desde dónde pensamos aquello sobre lo cual tan solo con nuestra presencia ya estamos interviniendo, resulta de suma importancia ya que los contextos comunitarios instituyen, transforman, reproducen o conservan prácticas, en un proceso de constante reflexión (Plaza, 2013).

La cartografía social se presenta como una vía de acceso a la realidad social para el investigador/a pero sobre todo, como una instancia de producción de conocimiento colectivo. En ella se entrelazan personas y modos de producción en un proceso de relacionalidad (Oslender, 2017). Si tan solo priorizamos el conocimiento científico se pierden aquellos “no científicos”. Una de las potencialidades de la cartografía social es que nos abre a una diversidad epistemológica. En diálogo con enfoques que han renovado los estudios sociales y ambientales, podemos pensarla como instancia de una “ecología de saberes”, que permite el reconocimiento de la co-presencia de diferentes saberes y la necesidad de su abordaje para consolidar las resistencias sociales (De Sousa Santos, 2018:36).

En síntesis, todo proceso de intervención interpela a la comunidad en términos sociales y educativos. Para el caso de temáticas ambientales, no solo interviene

favoreciendo instancias de concientización o sensibilización ambiental, sino también desde la apertura a una visibilización de problemáticas y posibles líneas de acción. Asimismo, la posibilidad de investigar en y con las comunidades, permite no solo acercar el conocimiento científico sino dialogar con otros saberes. Sin dudas, este proceso enriquece y amplía nuestra mirada al incorporar otros actores al proceso de investigación.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Carballeda, A. (2012). Cartografías e Intervención en lo social. En J.M. Diez Tetamanti y B. Escudero (comp.), *Cartografía Social, Investigación e intervención desde las ciencias sociales, métodos y experiencias de aplicación*, pp. 27-37. Comodoro Rivadavia: Universitaria de la Patagonia.
- De Sousa Santos, B. (2018) Introducción a las epistemologías del sur. En M.P. Meneses y K. Bidaseca (coord.) *Epistemologías del Sur*, pp. 25-61. Ciudad Autónoma de Buenos Aires: CLACSO.
- Diez Tetamanti, J.M. y Escudero, B. (2012). *Cartografía Social. Investigación e intervención desde las ciencias sociales, métodos y experiencias de aplicación*. Comodoro Rivadavia: Universitaria de la Patagonia.
- Diez Tetamanti, J. M. y Chanampa, M. E. (2016). Perspectivas de la Cartografía Social, experiencias entre extensión, investigación e intervención social. *Revista +E*, (6): 84-94.
- Diez Tetamanti, J. M. (2019). *Cartografía social. Claves para el trabajo en la escuela y organizaciones sociales*. Comodoro Rivadavia: EDUPA – UNPSJB.
- Escobar, L. (2006). Indicadores sintéticos de calidad ambiental: un modelo general para grandes zonas urbanas. *Eure*, 32(96): 73-98.
- Flick, U. (2002). Qualitative research – State of the art. *Social Science Information*, 41 (1): 5-24.
- González, J., Miguel, M., Rosso, I., Toledo López, A., y Toledo López, V. (2016). Mapeando el barrio construimos territorio. Experiencia de cartografía social en Villa Aguirre, Tandil. *Masquedós*, 1: 61-71.
- Griggio, P., Erro Velázquez, M., Guzmán, A., y Carignano, M. (2019). Montes santiagueños y campesinos: una experiencia de cartografía social en una comunidad de la Cuenca Foresto-Industrial de Monte Quemado, Argentina. *Oficina do CES*, 448: 1-14.
- Guber, R. (2004) *El salvaje metropolitano*. Buenos Aires: Paidós.

- Oslender, U. (2017). Ontología relacional y cartografía social: ¿hacia un contra-mapeo emancipador, o ilusión contra-hegemónica? *Tabula Rasa*, 26: 247-262.
- Plaza, S. (2013). Procesos y herramientas en la intervención territorial comunitaria. En M. Barrientos (comp.) *Compendio Bibliográfico*, pp. 113-137. Córdoba: Universidad Nacional de Córdoba.
- Quiroga Martínez, R. (2009). *Guía metodológica para desarrollar indicadores ambientales y de desarrollo sostenible en países de América Latina y el Caribe*. Santiago de Chile: CEPAL, Naciones Unidas.
- Risler, P. y Ares, J. (2013). *Manual de mapeo colectivo: Recursos cartográficos críticos para procesos territoriales de creación colaborativa*. Buenos Aires: Tinta Limón.
- Segovia, J. S., Núñez, K., Tapia, A., y Ramirez, R. (2019). Construcción de un modelo metodológico para el estudio del Cuerpo y sus emociones en una Región minera Chilena. *ATAS CIAIQ*, (3): 666-677.
- Valderrama Hernández, R. y Solís Espallargas, C. (2015) Investigación acción participativa como estrategia de transformación social y ambiental. *Investigación en la escuela*, 86: 49-59.



# INDICADORES DE SUSTENTABILIDAD URBANA Y PERIURBANA:

Exploraciones metodológicas en Mar del Plata y el partido de  
General Pueyrredon.

*La evaluación de la sustentabilidad adquiere un reconocimiento cada vez mayor como una herramienta importante para avanzar hacia los objetivos ecológicos, sociales, económicos y políticos del desarrollo sustentable. Existe una amplia variedad de herramientas para evaluar la sustentabilidad, entre ellas, los indicadores e índices desempeñan un papel clave en el diagnóstico del progreso hacia el desarrollo sustentable. La ciudad de Mar del Plata y el partido de General Pueyrredon en el que se inserta, enfrentan el desafío de alcanzar metas de sustentabilidad. Existen investigaciones que dan cuenta del desarrollo y construcción de indicadores e índices desde distintos enfoques, cuyas estrategias metodológicas debieran reunirse y sistematizarse. Ese es el propósito del libro que, centrado en los aspectos metodológicos, da cuenta de los aportes existentes en la construcción y evaluación de la sustentabilidad mediante indicadores e índices. Pretende divulgar investigaciones realizadas en el ámbito del IHAM, FAUD, UNMDP, para que puedan aplicarse y transferirse a otros contextos y ámbitos territoriales. Las experiencias existentes en Mar del Plata y el partido de General Pueyrredon aportadas por el presente libro, se agrupan en dos niveles de análisis: 1) indicadores e índices enfocados en una escala territorial e 2) indicadores e índices enfocados en prácticas y procesos. Estos niveles conforman las dos secciones en las que se organiza el libro. Esperamos que las experiencias aquí reunidas abran nuevos interrogantes metodológicos para contribuir con el desarrollo de herramientas que permitan poner en práctica objetivos de sustentabilidad en el territorio y prácticas locales.*

ISBN 978-987-544-988-6



**IHAM**  
Instituto del Hábitat y del Ambiente



**faud.unmdp**



UNIVERSIDAD NACIONAL  
de MAR DEL PLATA  
.....