

# Valoración económica de las emisiones de CO<sub>2</sub> por el cambio de uso del suelo

## Economic valuation of the CO<sub>2</sub> emissions from land use change

MELISA PARIS\*  
MARIANA CONTE GRAND\*\*  
BÁRBARA CIVIT\*\*\*  
LORENA CÓRICA\*\*\*\*  
MARÍA VICTORIA MERCADO\*\*\*\*\*

### *Abstract*

*The Metropolitan Area of Mendoza is suffering a disorganized urban expansion that produces transformations of the land, generating environmental costs, particularly on the soil's potential for climatic regulation, but without considering these in decision-making. For this reason, we seek to value these impacts economically. As case study, focused on a vineyard located in Chacras de Coria, Luján de Cuyo. The results show that, if this ecosystem services is not incorporated in the sale price of the land, there is an underestimation of its value and price, which promotes a disorganized form of urban growth.*

**Keywords:** *economic valuation, sensibility analysis, cropland conversion, CO<sub>2</sub> emissions, environmental impacts.*

### **Resumen**

El Área Metropolitana de Mendoza es escenario de una expansión urbana desorganizada que produce transformaciones del suelo, generando costos ambientales, particularmente sobre el potencial de regulación climática del suelo, pero sin contemplarlos en la toma de decisiones. Por este motivo, se busca valorar económicamente estos impactos. Se plantea, como caso de estudio, un viñedo ubicado en Chacras de Coria, Luján de Cuyo. Los resultados muestran que si no se incorpora este servicio ecosistémico en el precio de venta de los terrenos hay una subestimación de su valor, lo que fomenta la forma desorganizada de crecimiento urbano.

**Palabras clave:** valoración económica, análisis de sensibilidad, conversión de suelos agrícolas, emisiones de CO<sub>2</sub>, impactos ambientales.

\* Becaria doctoral en el Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (Conicet), correo e: mparis@mendoza-conicet.gob.ar

\*\* Universidad del Cema, correo-e: mcg@ucema.edu.ar

\*\*\* Centro de Estudios para el Desarrollo Sustentable de la Universidad Tecnológica Nacional, correo-e: bcivit@mendoza-conicet.gob.ar

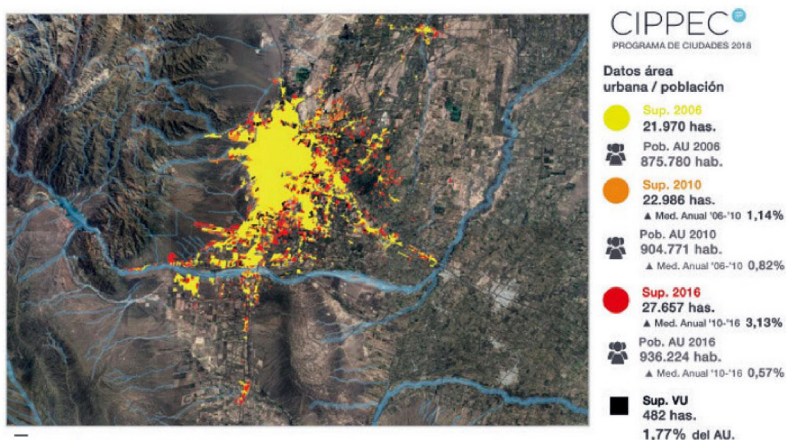
\*\*\*\* Investigadora del Conicet, correo-e: lcorica@mendoza-conicet.gob.ar

\*\*\*\*\* Investigadora adjunta del Conicet, correo-e: mvmercado@mendoza-conicet.gob.ar

## Introducción

El Área Metropolitana de Mendoza (AMM), ubicada en el oasis Norte de Mendoza, y compuesta por los departamentos de Capital, Las Heras, Guaymallén, Godoy Cruz, Maipú y Luján de Cuyo, se caracteriza por tener un territorio heterogéneo y disperso, donde las principales características son la preferencia del interés particular, la baja densidad poblacional, la proliferación de zonas periféricas, la fragmentación del territorio, el aislamiento espacial y un mayor protagonismo de vehículos particulares para recorrer largas distancias (Muñiz *et al.*, 2007). Esta expansión urbana descontrolada no es un problema local, sino que es un fenómeno mundial que ejerce presión sobre los suelos y recursos naturales, con importantes impactos negativos; entre ellos, destaca que las ciudades son responsables de dos tercios del consumo mundial de energía y de más de 70% de las emisiones de gases de efecto invernadero (Banco Mundial, 2022). En el AMM esto implica grandes contrastes: conviven y comparten paisaje e infraestructura lotes residenciales, viñedos antiguos, bodegas, barrios de viviendas sociales y conjuntos residenciales cerrados. Esta coexistencia no sólo no vincula a los agentes involucrados, sino que acentúa sus diferencias, dificultando la convivencia y profundizando la fragmentación social (Mesa y Giusso, 2014). La figura 1 muestra el proceso de expansión urbana en el periodo 2006-2016.

**Figura 1**  
**Análisis de la expansión urbana y poblacional en el AMM**

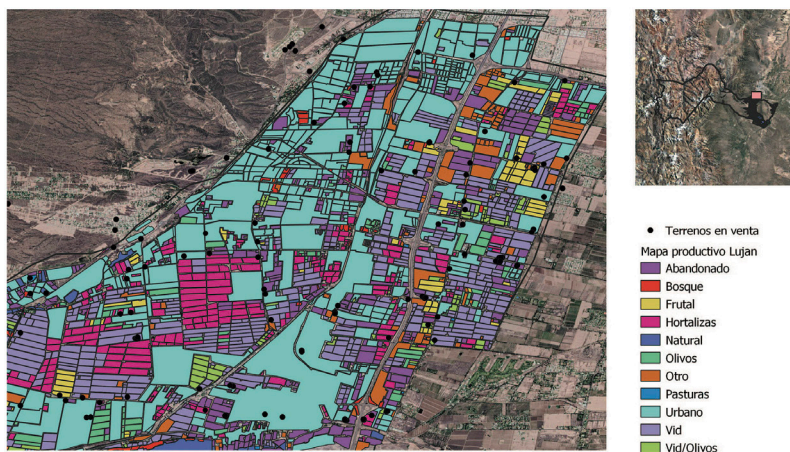


Fuente: Cippec (2019: 25).

Esta dinámica de crecimiento se debe, entre otros factores, a la crisis que sufrió la vitivinicultura en la década de los ochenta, que llevó a la

reducción del valor de estas tierras productivas y a una expansión de la oferta inmobiliaria, caracterizada por la proliferación de terrenos para viviendas de fin de semana, residencias permanentes o inversiones por especulación inmobiliaria (Mesa y Giusso, 2014; Córlica y Gómez Piovano, 2018). La principal zona afectada fue el sur del área consolidada, es decir, Luján de Cuyo. En la figura 2 se observan, para este departamento, las parcelas destinadas a diferentes cultivos con cobertura natural y los suelos urbanos correspondientes a 2015, junto con los terrenos en venta publicados en el área metropolitana de dicho departamento en el periodo septiembre de 2019 a febrero de 2020.

**Figura 2**  
**Mapa productivo de Luján de Cuyo (2015) vs. terrenos en venta (2019-2020)**



Fuente: elaboración propia con base documental, generado con el software QGis, v. 3.20 (OSGeo, 2021).

Muchos de los terrenos en venta se encuentran en suelos que previamente fueron cultivos, principalmente frutales, vid y olivos, por lo que en el mapa se observa que también están rodeados de otros terrenos con las mismas características. Entonces, el proceso de urbanización está generando un cambio en el uso del suelo que tiene impactos ambientales; para evaluarlos, uno de los aspectos a considerar son los cambios en la calidad del suelo —que se miden, habitualmente, con indicadores de servicios ecosistémicos, como la pérdida de biodiversidad, o a través de emisiones de dióxido de carbono equivalentes<sup>1</sup> ( $\text{CO}_2_{\text{eq}}$ )—, que afectan el

<sup>1</sup> El dióxido de carbono equivalente es una medida universal utilizada para indicar, en términos de  $\text{CO}_2$ , el equivalente de cada uno de los gases de efecto invernadero con respecto a su potencial de calentamiento global.

potencial de regulación climática del suelo (Koellner *et al.*, 2013). Además, sería importante hacer una cuantificación económica de los impactos, para comprender los costos de la modificación en el uso del suelo.

El objetivo de este trabajo es valorar económicamente el impacto ambiental de la variación de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) producto del cambio de uso de suelo de un terreno destinado al cultivo de vid, que se transforma en un asentamiento urbano. La inclusión de estos impactos en el precio de los terrenos podría contribuir a desarrollar una herramienta de planificación urbana que permita disminuir los costos ambientales de la expansión urbana. Los resultados que se obtienen en esta investigación se aplican en un caso de estudio ubicado en el departamento de Luján de Cuyo, provincia de Mendoza, que se describe a detalle en la sección 2.

Si bien, como se mencionó, se ven afectados diversos servicios ecosistémicos, se analiza el impacto sobre el potencial de regulación climático por ser, a través del cambio en el nivel de emisiones de CO<sub>2</sub>, uno de los efectos de la conversión de viñedos en urbanizaciones y, además, se considera que el sector uso del suelo, cambio en el uso del suelo y silvicultura (USCUSS) es la principal fuente de emisión de gases de efecto invernadero en Argentina. Por otro lado, existen pronósticos alarmantes para estas emisiones, ya que, de continuar con la tendencia actual, hacia 2100 se registraría un incremento de 555.7% respecto de 2005 (Cepal, 2014).

Las emisiones de CO<sub>2</sub> por la transformación del suelo representan una externalidad negativa; éstas aparecen cuando el accionar de un agente económico, ya sea consumidor o empresa, afecta el bienestar de otro (su función de producción o su función de producción de utilidad), sin que exista una compensación económica (Azqueta *et al.*, 2007). Los mercados generalmente no internalizan las externalidades y hay pocos mercados de calidad ambiental (o contaminación) regulados cuyo precio pueda usarse para una valuación.

Al no incluirse las pérdidas sobre la calidad del suelo, la planificación urbana queda sujeta a los intereses de los particulares. Por ejemplo, si un agente económico decide vender un emprendimiento agrícola, para saber cuál es la mejor alternativa de venta es necesario comparar el costo de oportunidad de cada una. En el caso de Luján de Cuyo, el precio de las tierras con fines agrícolas puede ir desde los 10,000-12,000 dólares por hectárea, si no está cultivada, hasta los \$15,000-\$40,000, en caso de estarlo (*MendozaPost*, 2015). Por otro lado, y de acuerdo con lo publicado en páginas web de diversas inmobiliarias (Adobe, Inmoclick, Properati, Zonaprop), estas mismas tierras pueden ser vendidas a partir de 50,000 dólares, pero ese precio no incluye *a priori* el verdadero valor de los terrenos, ya que se omitiría el impacto ambiental. Por esta razón, para

realizar la valuación es necesario incorporar metodologías de valuación de no mercado.

## 1. Marco teórico

La valoración económica del ambiente se hace con una visión antropocéntrica, partiendo de la idea de que la satisfacción de los individuos puede ser expresada en términos de una cantidad numérica (el dinero); en este trabajo, significa que los daños considerados por el cambio en el uso de suelo son aquellos que afectan a las personas a través de las consecuencias que dichos impactos tienen sobre ella. Por ejemplo, mayores emisiones de GEI afectan la temperatura y las precipitaciones, y eso tiene efectos sobre la salud humana o los bienes materiales. Así, la naturaleza no tiene un valor en sí misma, sino que éste deriva de la afectación que los cambios en el ambiente generan en las personas. Este punto genera muchos detractores, por considerar que no se le pueden asignar valores monetarios al ambiente (Kelman, 1981).

La metodología de valoración utilizada depende del valor que se busca estimar, aunque la disponibilidad de datos y recursos determina, generalmente, el método elegido. Hay varias técnicas posibles para cada situación, previa cuantificación del impacto ambiental a valorar (Freeman *et al.*, 2003; Azqueta *et al.*, 2007). Los métodos más utilizados son los *indirectos* (denominados *de preferencia revelada*) y los *directos* (llamados *de preferencia declarada*). Los primeros se basan en comportamientos observados de los individuos en mercados relacionados al bien ambiental, en contraposición con los métodos directos, que buscan obtener una declaración de los individuos sobre sus preferencias por determinada calidad ambiental, apoyándose en encuestas. Otra opción (cuya aplicación surge en los noventa) es el método de *transferencia de valores*; esto es, transferir al caso de valuación de impactos en estudio los resultados de valuaciones obtenidos en otras instancias (Brouwer, 2000; Johnston *et al.*, 2015).

Las emisiones de CO<sub>2</sub> generalmente se valoran mediante el precio del carbono. Si bien no hay “una” valoración internacional de la tonelada de CO<sub>2</sub>, existen varios precios sociales del carbono que podrían usarse como referencia (esto es, que se pueden transferir para ser usados en la estimación de este trabajo). Una opción es considerar mercados que están dentro de la normativa internacional sobre cambio climático (hasta ahora, los mercados que se han hecho efectivos son los del Protocolo de Kioto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático). Otra alternativa es tomar los precios de los mercados voluntarios y los precios vigentes en permisos comercializables a nivel doméstico. Por

último, se puede optar por los precios que surgen de modelos que proyectan cuáles serían los valores necesarios para que se cumpla la meta del Acuerdo de París (que antes de fin de siglo no aumente la temperatura promedio más que dos grados centígrados respecto de los niveles preindustriales) o precios referidos por organismos internacionales, que siguen ese mismo esquema conceptual de un precio que refleje las emisiones óptimas a nivel mundial.

En la literatura se pueden encontrar análisis con diferentes precios de referencia. Morales Sislema y Vásquez Vásquez (2019) hacen una valoración económica de la captura de CO<sub>2</sub> de diferentes especies de árboles en el bosque Aguarongo, Ecuador. Para esto, utilizan precios de diferentes mercados en los que se transan certificados de emisión de gases de efecto invernadero (CERS) y plantean dos escenarios de comercialización para los mismos. En el primero de ellos, se utiliza el precio estimado por la organización Carbonfund –entidad que administra proyectos de compensación de carbono y reforestación–, que es de 10 dólares. En el segundo escenario, utilizan precios de entidades de cumplimiento de mercados regulados, en este caso Sendeco<sub>2</sub>, donde el precio por tonelada de CO<sub>2</sub> es de 17.06 dólares. Luego, comparan las valoraciones en ambos escenarios. En esta misma línea trabajan Medina *et al.* (2020), quienes realizan una valoración económica del secuestro y almacenamiento de carbono en la puna seca del suroeste del Perú. Para esto, estiman la biomasa y el carbono capturado en parcelas de muestreo y multiplican la cantidad de CO<sub>2</sub> promedio por hectárea por el precio del carbono. Luego, extrapolan el resultado obtenido al área de estudio. Dado que en Perú no hay un impuesto nacional al carbono, aplican un precio de mercado voluntario de 6.39 dólares por tonelada de CO<sub>2eq</sub>, estimado a partir de la evaluación de la rentabilidad social de proyectos de inversión pública llevados a cabo en el territorio peruano entre 2018 y 2019.

Otro ejemplo de este mismo tipo de trabajos es el de Zuluaga Zuluaga y Castro Escobar (2018), que estiman el valor monetario de la captura de CO<sub>2</sub> en un ecosistema de bosque seco tropical en el municipio El Carmen de Bolívar, en Colombia. Aplican el promedio de precios de referencia tomado del Sistema Europeo de Negociación de CO<sub>2</sub>, en el periodo 2008-2015, igual a 1.13 dólares.

Respecto a las emisiones de CO<sub>2</sub> producto de la urbanización, Al-mulali *et al.* (2013) estudian la relación que existe entre el crecimiento urbano, el consumo energético y la emisión de CO<sub>2</sub> en los países de Medio Oriente y el norte de África. Concluyen que a largo plazo hay una relación bidireccional y positiva entre estas variables, pero que varía entre los países dependiendo del nivel de ingresos y desarrollo de cada uno. Con base en los resultados, sugieren a los responsables de la planificación urbana de

estos países desacelerar el rápido crecimiento de la expansión urbana. Por otro lado, Ali *et al.* (2019) analizan el impacto del crecimiento urbano sobre las emisiones de CO<sub>2</sub> en Pakistán y concluyen que la expansión urbana genera un aumento en las emisiones de CO<sub>2</sub>, tanto en el corto como en el largo plazo, y proponen políticas públicas para la reducción de estas emisiones, como la promoción de un sistema de transporte público urbano para reducir las emisiones vehiculares; además, resaltan la necesidad de una intervención gubernamental para que los sectores industriales y residenciales urbanos adapten tecnologías verdes, insistiendo en la capacitación de la población para disminuir los impactos ambientales.

Como se observa, a nivel mundial hay un importante avance con relación a la valoración económica de la captura de CO<sub>2</sub> del suelo y de los efectos del crecimiento urbano, y las emisiones de CO<sub>2</sub>, pero no está estudiado en Mendoza. Sin embargo, existen diversos estudios que buscan desarrollar propuestas de urbanización sustentable o medir los impactos ambientales del crecimiento urbano desordenado y, de esta manera, brindar herramientas que permitan disminuir los daños ambientales, aunque éstos no se enfocan en la captura de CO<sub>2</sub> del suelo y el potencial de regulación climático, sino en otros servicios ecosistémicos, principalmente el de provisión de agua, porque Mendoza se encuentra en una zona árida y las actividades antrópicas se realizan en función de la disponibilidad de agua.

Al respecto, Farreras y Abraham (2020) realizan un experimento de elección discreta para obtener los valores de compensación para los impactos ambientales de las prácticas actuales de manejo de los viñedos de Mendoza, en cuanto al costo de oportunidad del agua utilizada, el uso de fertilizantes químicos y el impacto sobre la biodiversidad. Siguiendo la preocupación por el agua, Civit *et al.* (2019) calculan el impacto por escasez por el uso de agua en planificaciones barriales de baja densidad edilicia en tierras secas. Los trabajos sobre urbanización en Mendoza no se centran únicamente en los impactos ambientales, sino que algunos, como Castillo *et al.* (2021), realizan un análisis comparativo de esquemas urbanos públicos y privados para identificar la relación entre el diseño de estos esquemas y su impacto en el comportamiento microclimático del área. Por ejemplo, Gómez Piovano *et al.* (2017) buscan analizar los hábitos de la población del AMM para determinar si posee suficiente superficie verde y si la disposición en la trama satisface a las necesidades de todos sus habitantes. Córlica *et al.* (2020) buscan cuantificar el impacto por escasez por el uso del agua en planificaciones barriales, comparando modelos urbanos actuales de baja densidad edilicia con modelos teóricos de alta y media densidad.

## 2. Caso de estudio

Se utiliza como caso de estudio una finca de más de 30 años, con una superficie de 36 ha, cultivada con vid y ubicada en Chacras de Coria, Luján de Cuyo (figura 3). En el escenario base, el terreno sigue siendo un viñedo, donde 90% de la superficie corresponde a plantaciones de vid y 10% a callejones. Luego, se propone un escenario prospectivo en el que dicho terreno es urbanizado. En éste se plantea una urbanización de tipo barrial de viviendas destinadas a la residencia permanente, para una familia tipo de cuatro personas.

**Figura 3**  
**Caso de estudio**



Fuente: elaboración propia con base en información documental; fotografía de Melisa Paris.

Para el diseño del escenario se propuso contemplar el cambio de uso del sector de forma prospectiva. El análisis de las situaciones futuras se realizó teniendo en cuenta los indicadores urbanos planteados en las normativas para el sector; de esta forma, se resolvió un arreglo urbano-arquitectónico para una hectárea, con relación al parcelario urbano y su espacialidad: características de lotes, superficies cubiertas, espacios abiertos públicos-privados, dimensiones de retiros, porcentaje de superficies libres y construidas.

Según el Código de Usos de Suelo de Luján (Municipalidad de Luján de Cuyo, 2021), el caso de estudio se circunscribe en zona residencial 5 (ZR5), con uso predominante de viviendas uni y plurifamiliares; predomina el uso residencial de baja densidad, con presencia de cultivos, jardines y arboledas públicas y privadas, con el objetivo de preservar un microclima e identidad de pueblo, valorando el ambiente a partir de un crecimiento edilicio limitado. Sobre esta base, se diseñó una manzana con calles de circulación perimetrales, considerando la trama en damero ortogonal característica del trazado urbano de Mendoza. Se dispusieron lotes de 750 m<sup>2</sup> (superficie mínima de terreno para la ZR5); para las viviendas, se densificó según el máximo Factor de Ocupación del Suelo (FOS), es decir,



el porcentaje de la superficie total del terreno que se puede ocupar con la proyección horizontal del total de la edificación, siendo de 35%. El resto del terreno se destina a espacio verde privado (patios). En el caso del espacio público, se trabajó con cañones de 16 m de ancho, según lo establecido en el régimen para loteos o fraccionamiento de terrenos en la Ley 4.341 (BORA, 1979). También se plantea una calzada pavimentada de 8 m y dos veredas laterales que, según la normativa para esta zona, deben mantenerse parqueadas, con la inclusión del espacio para el arbolado público y servicios.

A partir de lo anterior, se obtuvieron las superficies correspondientes a las coberturas del suelo para el caso de estudio, las cuales han sido organizadas según la clasificación de Zapperi *et al.* (2020) y pueden verse en la tabla 1.

**Tabla 1**  
**Superficies de cobertura para una hectárea**

<i>Tipo de superficie según sellado</i>	<i>Tipo de cobertura según la superficie</i>	<i>Descripción tipo de cobertura</i>	<i>Descripción caso de estudio</i>	<i>Superficie por hectárea</i>
Superficie no sellada	Vegetación	Espacios verdes privados	Patios y jardines con vegetación	3904 m <sup>2</sup> (37%)
		Espacios verdes públicos	Zonas de servicios y parqueado de veredas	1304 m <sup>2</sup> (12%)
Superficie sellada	Materiales impermeables	Pisos y solados	Calzada (pavimento, ripio)	3168 m <sup>2</sup> (30%)
		Huella edificaciones (cubiertas)	Suelo construido	2096 m <sup>2</sup> (20%)

Fuente: elaboración propia a partir de la adaptación basada en Zapperi *et al.* (2020).

Para los cálculos, se utiliza como horizonte de análisis un periodo de 51 años, correspondientes a los 50 de vida útil de una casa más el año de conversión del suelo, en el que, además, se supone se construye la vivienda.

### 3. Metodología

La valoración del impacto ambiental para un horizonte de planificación determinado se hace estimando el valor actual neto (VAN) del cambio de

las emisiones de CO<sub>2</sub><sub>eq</sub> por la transformación del suelo, en función de un precio del carbono y una tasa de descuento. Previamente, se realiza una transferencia de valores de resultados de otros trabajos, ya que, por cuestiones de disponibilidad de recursos financieros, físicos y tiempo, las emisiones de CO<sub>2</sub> incluidas en el trabajo no son calculadas *in situ*, sino que provienen de trabajos ya publicados y, cuando fue posible, éstos refieren a Mendoza.

A partir de estos trabajos se realiza la transferencia de valores, metodología comúnmente utilizada en economía, que consiste en transferir los valores obtenidos en un estudio para la evaluación de un impacto ambiental en otro. Se aplica porque lleva menos tiempo y gasto que los demás métodos. De acuerdo con Freeman *et al.* (2003), esta práctica fue utilizada ya a mediados de los años ochenta para evaluar las regulaciones ambientales en Estados Unidos. La transferencia de beneficios es hoy vista como una técnica en sí misma dentro de la valuación de impactos ambientales. Los pasos por seguir pueden consultarse en Johnston *et al.* (2015), pero básicamente existen dos alternativas (Brouwer, 2000): una de ellas consiste en utilizar una función de transferencia de beneficios que ha sido previamente estimada con base en varios estudios, según las características del lugar y de la gente involucrada (este tipo de estimaciones surgen generalmente de metaanálisis).

El otro enfoque, que es el que se utiliza en este trabajo, es transferir un valor puntual, esto es, tomar un valor calculado en otro estudio y transferirlo al que se está haciendo de forma directa o, más frecuentemente, ajustando por la diferencia de ingresos entre un caso y el otro. Una vez transferidos los valores, se calcula para cada momento del tiempo  $t$ , el diferencial ( $\Delta E_t$ ) entre las emisiones netas que surgen al transformar un terreno cultivado con vid para radicar allí una vivienda (*Emisiones CO<sub>2</sub><sub>vivienda,t</sub>*) y las emisiones netas que se producen en dicho terreno si no se produce la transformación del suelo (*Emisiones CO<sub>2</sub><sub>vid,t</sub>*), como se muestra en la ecuación 1:

$$\Delta E_t = \text{Emisiones } CO_{2\text{vivienda},t} - \text{Emisiones } CO_{2\text{vid},t} \quad (1)$$

Luego, se procede a su valuación, transfiriendo precios sociales del carbono obtenidos de otros estudios. El impacto económico para cada periodo  $t$  surge de multiplicar la diferencia de emisiones calculada en la ecuación (1) por el precio del carbono ( $PC_t$ ). Esto es (ecuación 2):

$$IE_t = \Delta E_t \cdot PC_t \quad (2)$$

Posteriormente, se establece un horizonte de un año en el que se produce la transformación del suelo y construcción de la casa y un horizonte

de años ( $n$ ), correspondientes a la vida útil de una vivienda. En total, es un período de  $n+I$  años, para los que se comparan las dos alternativas propuestas.

A partir del cálculo de los  $IE_t$ , siguiendo la ecuación (2), se calcula el VAN del impacto, teniendo en cuenta una tasa social de descuento (TSD) para proyectos ambientales (Campos *et al.* 2016 y Conte Grand, 2017) (ecuación 3):

$$\text{VAN} = \sum_{t=0}^n \frac{IE_t}{(1+TSD)^t} \quad (3)$$

Donde  $t=0$  es el momento en el que se da la conversión en el uso del suelo y  $n$  es el año en el que termina la vida útil de la vivienda.

Dada la variabilidad e incertidumbre de los datos utilizados (el cambio en las emisiones, el precio social de las mismas y la tasa social de descuento), se realiza, además, un Análisis de Sensibilidad Probabilístico, tomando fuentes de información secundarias para las variables (Evans y Olson, 1998; Darbá, 2006; Fiorito, 2009). Al incorporar este tipo de análisis, las variables analizadas no se comportan como sus medias, ya que los parámetros del modelo son representados no con estimaciones puntuales, sino mediante funciones de distribución probabilísticas en los parámetros del modelo.

Para llevar adelante este tipo de análisis, es necesario contar con rangos de variación de los datos analizados; luego, se corren simulaciones que generan distribuciones conjuntas de las variables analizadas, para representar simultáneamente la incertidumbre de cada uno de los parámetros. En este trabajo, lo anterior se hace con el programa Simulación 5.0 (Varela, 2020), que es una extensión de Excel y tiene estandarizado el método de Monte Carlo. De esta forma, es posible calcular distintos valores con probabilidades asociadas y no solamente un valor puntual para las emisiones, el costo social del carbono y la TSD para proyectos ambientales.

Los *inputs* y *outputs* para realizar la simulación son los siguientes:

- ▶ 54 *inputs*, que se supone que cada uno sigue una distribución triangular:
  - Variación de las emisiones de  $\text{CO}_2$  en el año 0.
  - Variación de las emisiones de  $\text{CO}_2$  del año 1 al 50. Se consideró un solo *input* porque se suponen emisiones de  $\text{CO}_2$  constantes a lo largo de toda la vida útil de la casa en todas las categorías consideradas, es decir, de los años 1 al 50.
  - Precios de las emisiones del año  $i$ , con  $i = 0, 1, 2, \dots, 50$ .
  - Tasa social de descuento.
- ▶ Un *output*, que es el VAN del daño producido por la conversión del suelo agrícola en urbano.

Se realizan 20,000 iteraciones para la simulación de Monte Carlo. El programa toma, de forma aleatoria, un valor de cada una de las 54 distribuciones de probabilidad y calcula el resultado. Una vez obtenido el *output*, se vuelve a tomar otro valor de cada una de las distribuciones, se calcula el resultado y se guarda. Luego del proceso, se obtiene una distribución de probabilidad del *output* y no un valor medio.

Por último, y a fin de verificar la robustez de los resultados, se analiza qué ocurriría si las tasas fueran más altas. A modo de ejemplo, se descuenta el valor del cambio en las emisiones con tasas de descuento no ambientales (esto es, valores más altos, que se usarían para cualquier evaluación de proyectos que no implicara plazos tan largos como los de los procesos ambientales).

## 4. Datos

En este apartado se presentan, en primer lugar, las emisiones de CO<sub>2</sub>, luego los precios del carbono y, por último, la tasa social de descuento.

### 4.1. Emisiones

Las emisiones de CO<sub>2</sub> fueron agrupadas de acuerdo con el escenario en el que tienen lugar, es decir, si el suelo es ocupado por vid (escenario base) o si el cultivo es erradicado y posteriormente urbanizado ese terreno (escenario alternativo).

Para el cálculo del daño ambiental provocado se utilizaron datos provenientes de otros trabajos con características geográficas, climáticas y ambientales similares a las del terreno. Si bien no se dispone de datos para Chacras de Coria en particular, fue posible realizar la transferencia de resultados, por focalizarse en el oasis Norte de Mendoza, Mendoza o Luján de Cuyo.<sup>2</sup>

#### 4.1.1. Escenario base

En esta situación, el flujo de CO<sub>2</sub> corresponde a las emisiones de la viticultura como actividad productiva. Se utilizó el trabajo de Abraham y Alturria (2013), quienes calculan para el oasis Norte de Mendoza que la producción de vid genera 1.622 t o 1.738 t de CO<sub>2</sub>, dependiendo de si

<sup>2</sup> En algunos casos, las fuentes primarias no informan las emisiones de CO<sub>2</sub>, sino el carbono (C) contenido, por lo que simplemente se hace la conversión de este valor de C a CO<sub>2</sub>, multiplicando por  $44/12 = 3.67$ , que es relación del peso molecular del CO<sub>2</sub> al C.

la vid es de parral o espaldero, respectivamente. En el trabajo se consideran únicamente las actividades relacionadas al manejo del cultivo hasta la cosecha, por ejemplo, las cantidades de insumos y actividades de manejo del cultivo como laboreo del suelo, aplicación de fertilizantes, enmiendas, pesticidas, entre otras, que provienen de catálogos tecnológicos basados en los modelos de producción del oasis Norte de Mendoza. Quedan excluidas del análisis las emisiones por la transformación, distribución y consumo. A fin de realizar el análisis de sensibilidad probabilístico se utilizan estos datos como valores extremos y el promedio es la moda.

Estos valores se computan anualmente a partir del año 0, ya que, en el escenario base, estas emisiones se producen durante todo el horizonte de planificación.

#### 4.1.2. Escenario alternativo

Al transformar un suelo determinado se libera a la atmósfera el CO<sub>2</sub> contenido tanto en el suelo como en la biomasa que lo ocupaba. Para calcular el CO<sub>2</sub> contenido en el suelo se utilizó el valor de carbono orgánico (C) contenido en suelos orgánicos obtenido por Corvalán (2018). El autor estima que, en Guaymallén, estos suelos tienen un valor medio de carbono de 3.86 kg (C)/m<sup>2</sup>, con un mínimo de 0.51 kg (C)/m<sup>2</sup> y un máximo de 21.12 kg (C)/m<sup>2</sup>. Al igual que Luján de Cuyo, Guaymallén se encuentra en el oasis Norte de Mendoza, por lo que se utilizan estos datos para tener una aproximación.

La estimación del CO<sub>2</sub> contenido en la biomasa se basa en Funes *et al.* (2014), quienes, al igual que Doménech *et al.* (2010), afirman que la vid, en su parte estructural, provee un servicio ecosistémico como sumidero de carbono. Estiman que en la comuna de La Rioja, España, los viñedos almacenarían en promedio 9.12 t de carbono por hectárea, en cepas de más de 30 años y dependiendo de la densidad de la plantación. A pesar de no ser datos de Mendoza, son considerados en este estudio para tener una aproximación de la capacidad de los viñedos de almacenar carbono y, como se mencionó, los sistemas de poda locales mantienen el crecimiento de la planta en rangos similares, homogeneizando la producción de biomasa que fija el CO<sub>2</sub>.

Estos valores son computados únicamente en el año 0, por ser el carbono almacenado en el suelo y la vid que se libera al erradicar el cultivo. Se debe considerar que, al convertir el suelo agrícola en urbanización, no sólo se libera el carbono contenido en el suelo y la biomasa, sino que se producen emisiones por todo lo que implica el nuevo uso del suelo. Es importante destacar que las emisiones tenidas en cuenta son únicamente aquellas derivadas de la etapa de uso de la urbanización, sin contemplar

a las emisiones correspondientes a la etapa de fabricación de los materiales y construcción. Si la superficie está sellada, provienen del suelo construido, la calzada, ya sea ripio o pavimento, y del alumbrado público, a diferencia del suelo no sellado, que se relaciona con los patios y jardines con vegetación y las zonas de servicio y parqueado de veredas, como continuación del espacio verde privado, por lo que tienen características similares. En este escenario alternativo, las emisiones del suelo no sellado no se incluyen en el trabajo, porque lo que emiten de CO<sub>2</sub> los jardines privados es despreciable respecto a las demás emisiones (Góngora Maldonado *et al.*, 2013).

Dentro de la superficie sellada, el suelo construido incluye las emisiones de CO<sub>2</sub> de viviendas destinadas a la residencia permanente de una familia tipo de cuatro personas, considerando únicamente el Índice de Prestaciones Energéticas (IPE).<sup>3</sup> En el trabajo, se utilizaron datos provenientes de un programa piloto de certificación energética de viviendas, realizado en 2018, por medio del cual se etiquetaron 200 viviendas situadas dentro del Área Metropolitana de Mendoza. Se obtuvo un valor medio de IPE de 365 kWh/m<sup>2</sup> año. Las emisiones de CO<sub>2</sub><sub>eq</sub> derivadas de su generación se obtuvieron mediante el factor de emisiones de CO<sub>2</sub> de la red de energía eléctrica, que varía según la matriz energética de los países. Este valor es, de acuerdo con el último dato publicado por el Ministerio de Energía y Minería de Argentina (2016) para 2015, 0.51 t CO<sub>2</sub>/MWh. Estos valores serán computados anualmente a partir del año 1, cuando se termine de construir la vivienda.

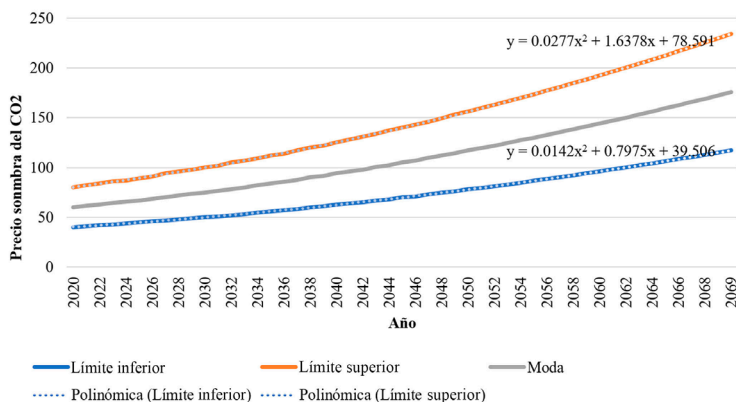
Por último, en el caso del alumbrado público, se incorporan las emisiones de CO<sub>2</sub> relacionadas al alumbrado público por cada luminaria. La información fue tomada del Diagnóstico de Eficiencia Energética del Municipio de Luján de Cuyo (2018), que indica que el departamento tiene una cobertura de 97%, instrumentado mediante 17,962 puntos de iluminación distanciados a 30 metros en promedio y dotados de medidores individuales. De esto, 92% está destinado a la iluminación de caminos, calles y carreteras; el resto, a parques, monumentos y plazas. Por cada luminaria, el municipio emite 0.36 t de CO<sub>2</sub> anuales. Considerando que en cada cuadra hay cuatro postes de luz, en promedio por manzana equivalente a una hectárea, hay 16 postes de luz. El mismo trabajo revela que el alumbrado público funciona, en promedio, 11 horas diarias, con un total de 4015 horas de funcionamiento al año. Estos valores son computados anualmente a partir del año 1.

<sup>3</sup> Incluye la energía primaria requerida para el funcionamiento normal de un inmueble y para satisfacer las necesidades de calefacción, refrigeración, iluminación y producción de agua caliente sanitaria, por año y m<sup>2</sup> de superficie útil, Programa Nacional de Etiquetado de Viviendas (PNEV).

## 4.2. Precios

Una vez conocidas las emisiones de CO<sub>2</sub>, para estimar el VAN del impacto ambiental es necesario decidir el precio que se va a utilizar. Dado que el aumento de estas emisiones es un problema global, se buscó utilizar precios que permitan cumplir la meta del Acuerdo de París. Es decir, que se utiliza un precio sombra del carbono. Dentro de éstos, el Banco Mundial (2017) propuso, en 2020, usar valores de entre 40 y 80 dólares por t de CO<sub>2</sub>, con un incremento gradual a 50-100 dólares por t de CO<sub>2</sub> a 2030, para reducir el calentamiento global a menos de 2°C en 2100; a partir de ese año, los precios irán cambiando hasta 2050. Para completar la serie temporal hasta 2069, se estimaron los precios faltantes usando una tendencia basada en una función polinómica de grado 2 (gráfica 1).

**Gráfica 1**  
**Precio sombra del CO<sub>2</sub>, 2020-2069**



Fuente: elaboración propia con base en datos del Banco Mundial (2017).

En el informe del Banco Mundial se destaca que la incertidumbre y la necesidad de considerar el contexto del país justifican el uso de un rango de valores para el precio de la t de CO<sub>2</sub>, en lugar de una estimación central. La incertidumbre radica en la imprevisibilidad de las futuras tendencias socioeconómicas y tecnológicas, por lo que recomiendan el uso de valores bajos y altos y un enfoque de la evaluación que sea coherente con la presencia de incertidumbre. Otro factor que refuerza la necesidad de plantear rangos de valores es que los precios uniformes del carbono sólo son óptimos si se pueden realizar transferencias ilimitadas de recursos entre países, de forma tal que aquellos con mayores costos marginales de

disminución tengan la posibilidad de financiar medidas de reducción en países con costos menores. Por eso se usaron valores máximos y mínimos del carbono y un valor central, que se construyó considerando el promedio simple de los extremos.

### 4.3. Tasa de descuento

Para el descuento del daño del flujo de emisiones de CO<sub>2</sub> se utilizó una TSD fija con descuento exponencial. Se hace esto para simplificar el análisis, ya que las otras alternativas son demasiado detallistas, considerando que los datos que se usan como insumos en el análisis son valores transferidos y no obtenidos *in situ*. Si el descuento es exponencial, en los proyectos con impactos ambientales la TSD debe ser baja, ya que “por pequeño que sea el costo actual de prevenir algún evento ambiental catastrófico, si ésta catástrofe está lo suficientemente distante en el tiempo, el análisis costo-beneficio recomendará no tomar medidas de mitigación hoy” (Lind, 1990).

Como TSD media se usa 2.9%, que es la tasa propuesta por López (2008), quien hace esa estimación para este tipo de proyectos en Argentina. El límite inferior de la TSD para el análisis de sensibilidad en este trabajo es la tasa propuesta por Stern (2006), igual a 1.4%. Finalmente, la TSD máxima es la sugerida por Cruz Rambaud y Muñoz-Torrecillas (2005), quienes proponen, para proyectos forestales, 4%. Si bien no tiene las mismas características que los proyectos de conversión de cultivos de vid en urbanizaciones, ambos implican un cambio en el uso del suelo y son a largo plazo. Por estas razones se decidió utilizar esta tasa.

## 5. Resultados

En la tabla 2 se muestran los valores mínimos y máximos de las emisiones netas de CO<sub>2 eq</sub> por categoría de impacto.

**Tabla 2**  
**Valores alternativos de emisiones netas expresados**  
**en t CO<sub>2 eq</sub> por ha**

	<i>Mínimo</i>		<i>Medio</i>		<i>Máximo</i>	
	<i>Año 0</i>	<i>Años 1 a 50</i>	<i>Año 0</i>	<i>Años 1 a 50</i>	<i>Año 0</i>	<i>Años 1 a 50</i>
<b>Escenario base - Vid</b>						
Emisiones de actividad vitivinícola	1.62	1.62	1.68	1.68	1.74	1.74



Tabla 2 (continuación)

	<i>Mínimo</i>		<i>Medio</i>		<i>Máximo</i>	
	<i>Año 0</i>	<i>Años 1 a 50</i>	<i>Año 0</i>	<i>Años 1 a 50</i>	<i>Año 0</i>	<i>Años 1 a 50</i>
<b>Escenario alternativo - Urbanización</b>						
Liberación del CO <sub>2</sub> contenido en el suelo	21.63	0.00	141.66	0.00	774.4	0.00
Liberación del CO <sub>2</sub> contenido en la biomasa	33.47	0.00	33.47	0.00	33.47	0.00
Emisiones alumbrado público	0.00	5.76	0.00	5.76	0.00	5.76
Emisiones suelo construido: energía	0.00	37.68	0.00	372.3	0.00	539.71
<b>Variación emisiones totales</b>	<b>53.48</b>	<b>41.82</b>	<b>173.45</b>	<b>376.38</b>	<b>806.13</b>	<b>543.73</b>

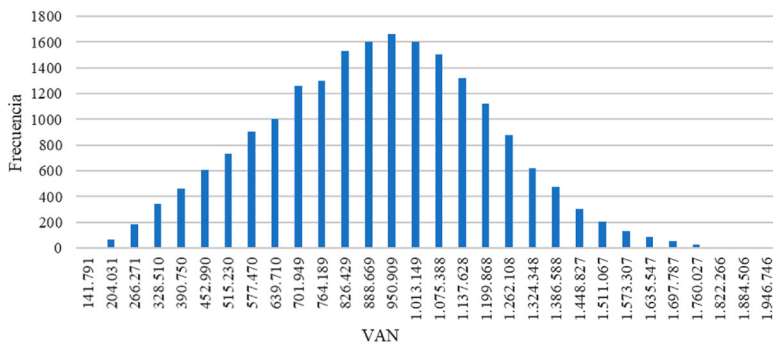
Fuente: elaboración propia con base en información documental.

A lo largo de los 50 años de vida útil de la vivienda, la media de las emisiones netas anuales son 378.06 t CO<sub>2</sub><sub>eq</sub>/ha. (99% es por el consumo de energía de la vivienda y 1% corresponde al consumo de energía para el alumbrado público de la urbanización). Si a los cambios de emisiones medios se los valora con la TD media (2.9%) y el promedio de costo social del carbono para cada año, el valor presente actual del cambio de uso de suelo de vid a urbano es de aproximadamente 850,883 dólares por hectárea.

El análisis de sensibilidad muestra una distribución triangular de los posibles valores que puede tomar el valor presente del impacto ambiental por el cambio en las emisiones netas de GEI producto de la urbanización de una hectárea de vid. El valor promedio del impacto es 850,883 dólares, y puede variar entre 110,671 y 1,915,626 dólares por ha dependiendo de la combinación de emisiones, precio y TSD, de acuerdo con sus distribuciones de probabilidad (gráfica 2).

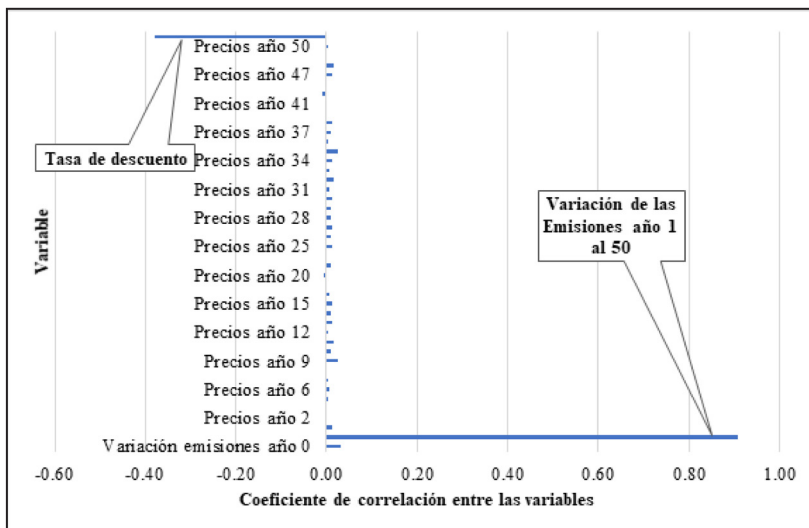
Entonces, la urbanización del viñedo del caso de estudio, cuya superficie es de 36 ha, implicaría un daño ambiental de 30,631,788 dólares, con valores extremos de 3,984,153 y 68,962,544 dólares. Luego, para analizar cuáles son las variables con mayor incidencia, se utilizó un gráfico de tornado (gráfica 3).

**Gráfica 2**  
**Análisis de sensibilidad probabilístico**  
**de VAN del impacto ambiental**



Fuente: elaboración propia con base en información documental.

**Gráfica 3**  
**Correlación entre las variables independientes y el VAN**



Fuente: elaboración propia con base en información documental.

Se observa que una de las variables más sensibles en el trabajo fue la TSD. El coeficiente de correlación entre la TSD y el VAN es -0.3761, es decir, que un aumento de la TD influye en forma negativa en la valoración económica de los impactos ambientales. La otra variable que afecta en forma significativa al resultado es la variación de las emisiones en los años 1 a 50.

Por esta razón, a fin de verificar la robustez de los resultados, se analizó qué ocurriría si las tasas fueran más altas. A modo de ejemplo, se descontó el valor del cambio en las emisiones con tasas de descuento no ambientales (tabla 3).

**Tabla 3**  
**VAN con tasas sociales de descuento no ambientales**

	<i>Valor</i>	<i>Referencia</i>	<i>País</i>
Mínimo	8.5%	Márquez Cáceres (2013)	Chile
Medio	10%	López Murphy (2003)	Argentina
Máximo	12%	Resolución SPE núm. 110/96 (BORA, 1996)	Argentina

Fuente: elaboración propia con base en información documental.

Considerando estas tasas, el VAN obtenido de 240,647 dólares por ha; el mínimo es \$418,907 y el máximo \$418,907. Se ve claramente la necesidad de contar en proyectos ambientales con una TSD diferente a las tasas utilizadas en proyectos cuyos horizontes temporales son menores, ya que, si se hubieran utilizado estas últimas, el resultado hubiera sido diferente y se subestimaría el daño ambiental causado.

## Conclusiones

El objetivo de este trabajo fue calcular el valor económico del costo ambiental producto de la urbanización de un viñedo; se tomó como caso de estudio la transformación del suelo que está sufriendo el AMM y, particularmente, Luján de Cuyo. El principal obstáculo del trabajo se relacionó con la falta de datos locales para los cálculos (rangos de carbono contenido en el suelo, CO<sub>2</sub> contenido en la biomasa), situación que se resolvió empleando valores de la bibliografía para sitios con similares características. Además, existen limitaciones inherentes a la valoración económica de impactos ambientales por asignar valores monetarios al ambiente. Sin embargo, en vistas de que la conversión de los suelos agrícolas en asentamientos urbanos suele conllevar una disociación entre los beneficiarios y quienes absorben los costos, es importante tener una aproximación del costo ambiental, ya sea en términos de los cambios en la captura de CO<sub>2</sub> o de otros servicios ecosistémicos afectados.

Este trabajo ha permitido, por una parte, echar luz sobre un aspecto crítico en la transformación del suelo rural en suelo urbano, desde un

ángulo muy poco explorado en la región, y considerando aspectos metodológicos en relación al ciclo de vida de productos –en este caso, una vivienda– que no se habían considerado anteriormente. Por la otra, ha puesto de manifiesto que es necesario desarrollar mecanismos que permitan internalizar estos costos y contribuyan a generar políticas de urbanización con menores impactos ambientales. Incorporarlos al precio de venta de los terrenos podría ser un primer paso para equilibrar los costos y beneficios económicos y sociales que tendrían las nuevas urbanizaciones del AMM. Asimismo, los resultados de este trabajo son el puntapié inicial para una serie de análisis en la temática, porque si bien se abordó solamente el cambio de CO<sub>2</sub>, sería interesante analizar también qué ocurre con otros servicios ecosistémicos, como la provisión de alimentos o el control biológico, ambos estrechamente relacionados con la presencia de suelos cultivados o naturales. Otro servicio que podría verse afectado es el cultural, por la desaparición de paisajes, afectando, además, el enoturismo.

Los resultados obtenidos pueden ser una herramienta soporte para los tomadores de decisión. Si bien no se puede evitar la transformación del suelo y el consecuente cambio en las emisiones de CO<sub>2</sub>, dada la constante necesidad de urbanización para la provisión de vivienda de la población creciente, los agentes económicos pueden usar los resultados para comenzar a incluir los costos ambientales en los precios del mercado inmobiliario. Considerando que el precio de venta estimado por ha de viñedo ronda los 40,000 dólares, y que el costo ambiental del cambio del uso del suelo es de 13,853 dólares, el costo de la urbanización del viñedo del caso de estudio, incluyendo el precio del terreno más el costo ambiental, sin considerar la etapa de uso, es de 1,938,734 dólares. No incluir este costo ambiental supone una subestimación de 26% de su valor, que cobra significatividad cuando se amplía la escala de estudio.

Hacia marzo de 2021, y según un relevamiento realizado con base en las páginas web de diferentes inmobiliarias mencionadas,<sup>4</sup> en el Área Metropolitana de Luján de Cuyo hay 1630 ha en venta, de las cuales 155 (114 de cultivos más 41 de suelos naturales) corren riesgo de sufrir un cambio en el uso del suelo, además de las que ya fueron transformadas y que actualmente son suelos baldíos o ya urbanizados. El costo ambiental de la transformación de esta superficie es 1,579,326 dólares.

Finalmente, además de cuantificar el impacto por la etapa de uso de la urbanización sería importante, en futuros estudios, abordar qué ocurre con las emisiones de CO<sub>2</sub> producto de otros factores, como el transporte de personas, la extensión de la red de servicios públicos y los nuevos polos comerciales que se generan en los alrededores de las nuevas urbanizaciones.

<sup>4</sup> Los resultados de este trabajo están en proceso de publicación (Paris *et al.*, próximamente).

## Fuentes consultadas

- Abraham, Laura y Alturria, Laura (2013), “Propuesta para el cálculo de huella de carbono en el cultivo de vid en la provincia de Mendoza, Argentina”, Mendoza, Observatorio Vitivinícola Argentino, <https://goo.su/CKB3A>, 20 de julio de 2022.
- Al-mulali, Usama; Gholipour Fereidouni, Hassan; Lee, Janice Y. M. y Che Sab, Che Normee Binti (2013), “Exploring the relationship between urbanization, energy consumption, and CO<sub>2</sub> emission in MENA countries”, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 23, Ámsterdam, Elsevier, pp. 107-112, doi: <https://doi.org/10.1016/J.RSER.2013.02.041>
- Ali, Rafaqet; Bakhsh, Khuda y Yasin, Muhammad Asim (2019), “Impact of urbanization on CO<sub>2</sub> emissions in emerging economy: Evidence from Pakistan”, *Sustainable Cities and Society*, vol. 48, Ámsterdam, Elsevier, doi: <https://doi.org/10.1016/J.SCS.2019.101553>
- Azqueta, Diego; Alviar Ramírez, Mauricio; Dominguez Villalobos, Lilia y O’Ryan, Raúl (2007), *Introducción a la economía ambiental*, Madrid, McGraw Hill.
- Banco Mundial (2022), “Desarrollo urbano. Panorama general”, Washington D. C., Banco Mundial, <<https://acortar.link/ts1Df>>, 20 de julio de 2022.
- Banco Mundial (2017), “Shadow price of carbon in economic analysis”, nota de orientación, Washington D. C., Banco Mundial, <<https://acortar.link/2YDtj1>>, 15 de junio de 2020.
- BORA (Boletín Oficial de la República Argentina)* (1996), Resolución SPE 110/1996, núm. 28.423, primera sección, 26 de junio, Buenos Aires, Sistema Nacional de Inversiones Públicas/Secretaría de Programación Económica, <<https://acortar.link/kNnuzs>>, 27 de junio de 2023.
- BORA (Boletín Oficial de la República Argentina)* (1979), “Ley 4.341. Régimen para loteos o fraccionamiento de terrenos”, 23 de mayo, Mendoza, Sistema Argentino de Información Jurídica-Ministerio de Justicia y Derechos Humanos.

- Brouwer, Roy (2000), “Environmental value transfer: State of the art and future prospects”, *Ecological Economics*, 32 (1), Amsterdam, Elsevier, pp. 137-152, doi: [https://doi.org/10.1016/S0921-8009\(99\)00070-1](https://doi.org/10.1016/S0921-8009(99)00070-1)
- Campos, Javier; Serebrisky, Tomás y Suárez-Alemán, Ancor (2016), *Tasa de descuento social y evaluación de proyectos: algunas reflexiones prácticas para América Latina y el Caribe*, Washington D. C., Banco Interamericano de Desarrollo.
- Castillo, Ana Laura; Correa, Erica y Cantón, María Alicia (2021), “Impacto del diseño de modelos urbanos públicos y privados sobre la respuesta térmica del sector de piedemonte. El caso del Área Metropolitana de Mendoza, Argentina”, *Cuaderno Urbano. Espacio. Cultura. Sociedad*, 30 (30), Chaco, Universidad Nacional del Nordeste, pp. 161-191.
- Cepal (Comisión Económica para América Latina y el Caribe) (2014), *La economía del cambio climático en la Argentina. Primera aproximación*, Santiago de Chile, Organización de las Naciones Unidas, <<https://acortar.link/gimjtA>>, 31 de julio de 2022.
- Cippec (Centro de Implementación de Políticas Públicas para la Equidad y el Crecimiento) (2019), *Hacia el desarrollo urbano integral del Área Metropolitana de Mendoza (UNICIPIO). Una propuesta de co-creación de políticas públicas y planificación*, Buenos Aires, Cippec-Fondo Multilateral de Inversiones-Ministerio de Producción-Gobierno de Mendoza, <<https://acortar.link/J5QB11>>, 18 de octubre de 2022.
- Civit, Bárbara; Córlica, Lorena y Paris, Melisa (2019), “Huella de agua de escasez en propuesta de mejora de uso y consumo de agua en urbanizaciones de baja densidad edilicia”, ponencia presentada en el VIII Encuentro Argentino de Ciclo de Vida y VII Encuentro Argentino de Huella Hídrica, Mendoza, noviembre, en Roxana Piastrellini y Germán Rodolfo Henderson (comps.), *Libro de actas*, Mendoza, Universidad Tecnológica Regional/Facultad Regional Mendoza-Red Argentina de Ciclo de Vida-Red Argentina de Huella Hídrica-Red Iberoamericana de Ciclo de Vida, pp. 112-118.
- Conte Grand, Mariana (2017), “Metodologías en valuación de impactos ambientales”, *Revista Integración & Comercio*, 21 (41), Buenos

Aires, Instituto para la Integración de América Latina y el Caribe, pp. 84-96.

- Córica, Lorena y Gómez Piovano, Jimena (2018), “Diseño de guía metodológica en base a indicadores del urbanismo sustentable. Caso de aplicación: renovación urbana Aeroparque Mendoza”, ponencia presentada en el XXII Congreso Arquisur, 26, 27 y 28 de septiembre, Rosario, en *XXII Congreso Arquisur. La dimensión pública de la Arquitectura. Libro de ponencias*, Rosario, Universidad Nacional de Rosario/Facultad de Arquitectura, Planeamiento y Diseño-A&P ediciones, pp. 637-645.
- Córica, Lorena; Civit, Bárbara y Manrique, Nahir Amira (2020), “Propuesta de conjuntos habitacionales compactos para optimizar el uso del agua y su impacto en tierras secas”, ponencia presentada en el IX Encuentro Argentino de Ciclo de Vida y VIII Encuentro de la Red Argentina de Huella Hídrica, 23 de septiembre, Mendoza, Universidad Tecnológica Nacional/Facultad Regional Rafaela-Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria Rafaela-Red Argentina de Ciclo de Vida, en *Actas del IX Encuentro Argentino de Ciclo de Vida y VIII Encuentro de la Red Argentina de Huella Hídrica*, Mendoza, Universidad Tecnológica Nacional.
- Corvalán, Francisco (2018), “Variación del contenido de materia orgánica en suelos agrícolas de Guaymallén desde 1693 a 2018, utilizando *machine learning*”, tesis de licenciatura, Universidad Nacional de Cuyo, Mendoza.
- Cruz Rambaud, Salvador y Muñoz Torrecillas, María José (2005), “Some considerations on the social discount rate”, *Environmental Science & Policy*, 8 (4), Amsterdam, Elsevier, pp. 343-355.
- Darbà, Josep (2006), “La utilización de métodos probabilísticos para la evaluación económica de tecnologías sanitarias”, *Gaceta Sanitaria*, 20 (1), Barcelona, Sociedad Española de Salud Pública y Administración Sanitaria, pp. 74-77.
- Doménech, Joan; Martínez, Martín y Fernández, Miguel (2010), “La agricultura y el CO<sub>2</sub>”, *Cuaderno de Campo*, núm. 45, La Rioja, Servicio de Estadística y Planificación Agraria/Gobierno de La Rioja, pp. 5-11.

- Evans, James y Olson, David Louis (1998), *Introduction to simulation and risk analysis*, New Jersey, Prentice Hall.
- Farreras, Verónica y Abraham, Laura (2020), “Valuation of viticultural adaptation to climate change in vineyards: A discrete choice experiment to prioritize trade-offs perceived by citizens”, *Wine Economics and Policy*, 9 (2), Florencia, Firenze University Press, pp. 99-112, doi: <https://doi.org/10.36253/web-9823>
- Fiorito, Fabián (2009), “Simulación de Monte Carlo. La simulación como una herramienta para el manejo de la incertidumbre”, presentación en diapositivas, Buenos Aires, Universidad del Cema, <<https://acortar.link/udkmAq>>, 10 de septiembre de 2020.
- Freeman, Myrick; Herriges, Joseph y Kling, Catherine (2003), *The measurement of environmental and resource values. Theory and methods*, New York, Resources for the Future Press.
- Funes, Inmaculada; Savé Montserrat, Robert; Biel Loscos, Carmen; Vayreda, Jordi; García-Escudero Domínguez, Enrique; Aranda, Xavier y de Herralde Travería, Felicidad (2014), “El cultivo de la vid como sumidero de carbono en La Rioja”, trabajo presentado en las I Jornadas del Grupo de Viticultura y Enología de la Sociedad Española de Ciencias Hortícolas-Retos Actuales de I+D en Viticultura, 19 y 20 de noviembre, Logroño, pp. 193-199.
- Gómez Piovano, Jimena y Mesa, Alejandro (2017), “Análisis de los hábitos de la población como herramienta para la planificación de los espacios verdes públicos. Caso Área Metropolitana de Mendoza”, *Revista Arquisur*, 7 (12), Santa Fe, Universidad Nacional del Litoral, pp. 78-89.
- Góngora Maldonado, José Manuel; Cazorla García, Julián y Martínez Fernández, Teresa (2013), “Huella de carbono de un servicio de mantenimiento y gestión de jardines y parques públicos”, tesis de maestría, Escuela de Organización Industrial, Madrid.
- Johnston, Robert; Rolfe, John; Rosenberger, Randall y Brouwer, Roy (eds.) (2015), *Benefit transfer of environmental and resource values. A guide for researchers and practitioners*, Luxemburgo, Springer.



- Kelman, Steven (1981), “Cost/benefit analysis: An ethical critique”, *AEI Journal on Government and Society Regulation*, 5 (1), Washington D. C., American Enterprise Institute, pp. 33-40.
- Koellner, Thomas; De Baan, Laura; Beck, Tabea; Brandão, Miguel; Civit, Bárbara; Margni, Manuele *et al.* (2013), “UNEP-SETAC guideline on global land use impact assessment on biodiversity and ecosystem services in LCA”, *The International Journal of Life Cycle Assessment*, vol. 18, Amsterdam, Elsevier, pp. 1188-1202.
- Lind, Robert C. (1990), “Reassessing the government’s discount rate policy in light of new theory and data in a world economy with a high degree of capital mobility”, *Journal of Environmental, Economics and Management*, 18 (2), Amsterdam, Elsevier, pp. S8-S28, doi: [https://doi.org/10.1016/0095-0696\(90\)90035-W](https://doi.org/10.1016/0095-0696(90)90035-W)
- López, Humberto (2008), “The social discount rate: Estimates for nine Latin American Countries”, Washington D. C., Banco Mundial, doi: <https://doi.org/10.1596/1813-9450-4639>
- López Murphy, Pablo (2003), “El precio social del capital en Argentina”, tesis de doctorado, University of California, Los Ángeles.
- Márquez Cáceres, Daniela (2013), “Actualización de la tasa social de descuento en el marco del sistema nacional de inversiones de Chile para el año 2012”, (memoria de licenciatura), Universidad de Chile, Santiago de Chile, <<https://acortar.link/8oedGQ>>, 5 de septiembre de 2020.
- Medina, César; Medina, Yasmy K. y Bocado Delgado, Edwin Fredy (2020), “Valoración económica del secuestro y almacenamiento de carbono en la puna seca del suroeste del Perú”, *Bosque*, 41 (2), Valdivia, Universidad Austral de Chile/Facultad de Ciencias Forestales, pp. 165-172, doi: <https://dx.doi.org/10.4067/S0717-92002020000200165>
- MendozaPost* (2015), “Cuánto vale la hectárea de viña en Mendoza”, 30 de agosto, Mendoza, Plataforma Digital, Economía, <<https://acortar.link/dPrehK>>, 15 de junio de 2023.
- Mesa, Alejandro y Giusso, Cecilia (2014), “Modelos de urbanización en tierras de alta vulnerabilidad ambiental. Análisis de la ocupación de la periferia del Área Metropolitana de Mendoza”, *Cuaderno*

*Urbano. Espacio, Cultura, Sociedad*, 16 (16), Corrientes, Universidad Nacional del Nordeste, pp. 005-026.

Ministerio de Energía y Minería (2016), “Cálculo factor de emisión CO<sub>2</sub> 2015, 02/11/2016”, Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Ministerio de Energía y Minería, <<https://acortar.link/mxR3Or>>, 20 de octubre de 2019.

Morales Sislema, María Paz y Vásquez Vásquez, María Patricia (2019), “Valoración económica de la captura de carbono en las especies *Podocarpus sprucei* y *Oreocallis Grandiflora* en el bosque protector Aguarongo”, tesis de licenciatura, Universidad Politécnica de Salesiana, Cuenca.

Municipalidad de Luján de Cuyo (2021), “Ordenanza núm. 14.106/2021, Actualización del código de usos del suelo de Luján de Cuyo”, Mendoza, Honorable Concejo Deliberante de Luján de Cuyo, <<https://cutt.ly/pwtvv2bC>>, 15 de junio de 2023.

Municipio de Luján de Cuyo (2018), *Diagnóstico de eficiencia energética. Municipio Luján de Cuyo*, Mendoza, Municipio de Luján de Cuyo-Banco Interamericano de Desarrollo, <<https://acortar.link/6H0wX6>>, 1 de diciembre de 2020.

Muñiz, Iván; Calatayud, Daniel y García-López Miquel-Ángel (2007), “SPRAWL. Causas y efectos de la dispersión urbana”, en Francesco Indovina (coord.), *La ciudad de baja densidad. Lógica, gestión y contención*, Barcelona, Diputación de Barcelona, pp. 307-347.

Paris, Melisa; Conte Grand, Mariana; D’Elía, V. y Civit, Bárbara (próximamente), “Una primera aproximación a la valuación hedónica de los terrenos de Luján de Cuyo, Mendoza”, Mendoza.

OSGeo (Open Source Geospatial Foundation) (2021), “QGIS”, v. 3.20, GNU – General Public License, <<https://www.qgis.org/>>, 28 de junio de 2023.

Stern, Nicholas (2006), *The economics of climate change. The Stern review*, Cambridge, Cambridge University Press.

Varela, José Ricardo (2020), “Simulación”, v. 5.0.3.5, Monte Carlo Simulation Excel Add-in & Stochastic Optimization tool, GitHub, <<https://acortar.link/nBiXo1>>, 15 de junio de 2023.

Zapperi, Paula; Montico, Anabella y Santanafessa, Eliana (2020), “Sellado de suelo y planeamiento urbano. Análisis de su relación en la ciudad de Bahía Blanca”, *Geograficando*, 16 (2), e075, Buenos Aires, Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación/ Universidad Nacional de La Plata, pp. 1-12, doi: <https://doi.org/10.24215/2346898Xe075>

Zuluaga Zuluaga, Liliana y Castro Escobar, Edisson Stiven (2018), “Valoración de servicios ambientales por captura de CO<sub>2</sub> en un ecosistema de bosque seco tropical en el municipio de El Carmen de Bolívar, Colombia”, *Luna Azul*, núm. 47, Caldas, Universidad de Caldas, pp. 1-20, doi: <https://doi.org/10.17151/luaz.2019.47.1>

*Recibido:* 21 de abril de 2021.

*Reenviado:* 24 de junio de 2022.

*Aceptado:* 18 de octubre de 2022.

**Melisa Paris.** Licenciada en Economía por la Universidad Nacional de Cuyo y becaria doctoral en el Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (Conicet) de Argentina. Sus temas de investigación se relacionan con la valoración ambiental del uso del suelo, particularmente los impactos ambientales. Entre sus últimas publicaciones se encuentran, como coautora: “Valoración económica de los impactos ambientales por el cambio en el uso del suelo en zonas áridas”, *Actas de Jornadas y Eventos Académicos de UTN*, núm. 15, Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Universidad Tecnológica Nacional-Secretaría de Ciencia y Tecnología, pp. 1-5 (2022), y “Valoración económica de los impactos ambientales por el uso del suelo con enfoque de ciclo de vida. Estado del arte”, *Ambiente Construido*, 20 (2), Porto Alegre, Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído (Antac), pp. 367-383 (2020).

**Mariana Conte Grand.** Doctora en Economics por la University of California en Los Ángeles. Es profesora-investigadora de la Universidad del Cema. Sus temas de investigación tienen que ver con la regulación y valuación de impactos ambientales, en particular los referidos al cambio climático. Entre sus últimas publicaciones se encuentran, como coautora: “Potential exposure and vulnerability to broader climate-related trade regulations: an illustration for LAC countries”, *Environment, Development and Sustainability*, Cham, Springer Nature, pp. 1-26 (2023); “Heat warnings and avoidance behavior: evidence from a Bike-Sharing System”, *Environmental Economics and Policy Studies*, 23 (1), Tokio, Springer Japón, pp. 1-28 (2020), y “Rankings for carbon emissions and economic growth

decoupling”, en María Elisa Belfiori y Mariano Javier Rabassa (eds.), *The Economics of Climate Change in Argentina*, Cham, Springer Nature, pp. 61-83 (2021).

**Bárbara Civit.** Doctora en Ingeniera Química por la Universidad Nacional de Cuyo. Es investigadora en el Centro de Estudios para el Desarrollo Sustentable de la Universidad Tecnológica Nacional. Sus temas de investigación son: sustentabilidad ambiental y uso de recursos en modelos de impacto de Análisis de Ciclo de Vida. Entre sus últimas publicaciones se encuentran, como coautora: “Life cycle assessment of bioenergy from lignocellulosic herbaceous biomass: The case study of *Spartina argentinensis*”, *Energy*, 254 (Part. A) 124215, Ámsterdam, Elsevier/ScienceDirect (2022); “A literature review of eutrophication in Life Cycle Assessment. Relevance for pampean agroecosystems in Argentina”, *South Florida Journal of Development*, 3 (1), Florida, South Florida Publishing, pp. 618-643 (2022); y “Perception and awareness of circular economy options within sectors related to agriculture in Argentina”, *Journal of Cleaner Production*, 373 (1), 133805, Ámsterdam, Elsevier (2022).

**Lorena Córica.** Doctora en Medio Ambiente Visual e Iluminación Eficiente por la Universidad Nacional de Tucumán. Actualmente es investigadora del Conicet, docente-investigadora de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Cuyo en la temática de Desarrollo de Indicadores para el urbanismo sustentable y docente de la cátedra de Diseño Urbano Sustentable II de la carrera de Arquitectura en la misma facultad y en posgrado. Coordina y forma parte de proyectos y trabajos de investigación en temas de planificación urbana sustentable, acceso al sol e iluminación natural en morfologías urbanas, movilidad no motorizada: desarrollo y mapeos de índice de caminabilidad y proximidad a equipamientos y servicios básicos. Entre sus últimas publicaciones se destacan; como coautora: “Herramientas metodológicas para el uso de *Big data* en la planificación urbana sustentable del Área Metropolitana de Mendoza”, en Daniela Moreno y Cecilia Wolff Cecchi (comps.), *Libro de ponencias y workshops-XXIV Congreso Arquitectur*, San Miguel de Tucumán, Universidad Nacional de Tucumán/Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad y Sociedad en la pospandemia, pp. 817-833 (2021); “Valoración económica de los impactos ambientales por el uso del suelo con enfoque de ciclo de vida: estado del arte”, *Ambiente Construido*, 20 (2), São Paulo, Antac, pp. 367-383 (2020); y “Huella de agua de escasez en propuesta de mejora de uso y consumo de agua en urbanizaciones de baja densidad edilicia”, en Roxana Piastrellini y Germán Rodolfo Henderson (comps.), *Libro de actas del VIII Encuentro Argentino de Ciclo de Vida y VII Encuentro*

*Argentino de Huella Hídrica, ENARCIV 2019*, Mendoza, Universidad Tecnológica Nacional, pp. 112-118 (2020).

**María Victoria Mercado.** Doctora en Ciencias, área Energías Renovables, por la Universidad Nacional de Salta. Actualmente es investigadora adjunta de Conicet y docente a cargo de la cátedra Arquitectura Bioclimática, de la carrera de Arquitectura de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Cuyo. Profesora de posgrado en la Maestría de Desarrollo Urbano Sustentable del Hábitat Construido, de la Universidad Tecnológica Nacional, Regional Mendoza. Sus temas de investigación se enfocan en la aplicación y diseño de la arquitectura sustentable, la eficiencia energética y el desarrollo sustentable del hábitat humano. Entre sus últimas publicaciones se encuentran, como coautora: “New paradigms in bioclimatic design toward climatic change in arid environments”, *Energy and Buildings*, vol. 266, 112100, Ámsterdam, Elsevier, pp. 1-38 (2022); “10 preguntas de los edificios energía cero: Revisión del estado del arte”, *Revista Hábitat Sustentable*, 10 (2), Concepción, Universidad del Bío-Bío-Facultad de Arquitectura Construcción y Diseño, pp. 24-41 (2020).