

VALORACIÓN ECONÓMICA DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES POR EL USO DEL SUELO EN ZONAS ÁRIDAS

Instituto de Hábitat, Ambiente y Energía (INAHE-CONICET)

Doctorado en Ingeniería con mención Civil-Ambiental

Doctorando: Melisa Mariel Paris

Directora: Dra. Bárbara Civit

Co-directora: Dra. Mariana Conte Grand

**VALORACIÓN ECONÓMICA DE
LOS IMPACTOS AMBIENTALES
POR EL USO DEL SUELO EN
ZONAS ÁRIDAS**

DEDICATORIA

A mi mamá y mi papá por apoyarme y acompañarme siempre y por darme las herramientas para la vida. A Charlie por acompañarme en este camino y a Genaro por ser la razón para seguir intentándolo.

ÍNDICE

PRÓLOGO.....	7
RECONOCIMIENTOS	8
TABLA DE CONTENIDOS	9
LISTA DE TABLAS	11
LISTA DE FIGURAS Y GRÁFICOS	11
LISTA DE ABREVIATURAS	13
CAPÍTULO I - INTRODUCCIÓN	15
I.1.Problemática	20
I.2. Justificación.....	21
I.3. Objetivo	21
CAPÍTULO II- MARCO TEÓRICO	23
II.1 Uso del suelo.....	24
II.2 Valoración económica del ambiente.....	26
II.3 Análisis de Ciclo de Vida	28
CAPÍTULO III - CARACTERIZACIÓN DE LA OFERTA DE TERRENOS DE LUJÁN DE CUYO Y CASO DE ESTUDIO	32
III.1 Introducción	33
III.2 Metodología.....	33
III.3 Datos	35
III.4 Caracterización de la oferta de terrenos.....	37
III.5 Resultados.....	41
III.6 Caso de estudio	45
CAPÍTULO IV - UNA PRIMERA APROXIMACIÓN A LA VALUACIÓN HEDÓNICA DE LOS TERRENOS DE LUJÁN DE CUYO, MENDOZA	48
IV.1 Introducción	49
IV.2 Antecedentes.....	50
IV.3 Marco teórico	51
IV.4 Metodología.....	57
IV.4.1 Detección de outliers	57
IV.4.2 Selección de las variables de la regresión	58
IV.4.3 Especificación del modelo inicial.....	58
IV.4.4 Análisis espacial	59
IV.5 Datos	60

IV.5.1	Outliers	63
IV.5.2	Variables incluidas en la regresión.....	63
IV.6	Resultados.....	66
IV.6.1	Análisis espacial	67
VI.7	Conclusiones y discusiones	73
CAPÍTULO V - VALORACIÓN ECONÓMICA DE LOS IMPACTOS POR EL CAMBIO EN EL USO DEL SUELO		75
V.1	Introducción.....	76
V.2	Antecedentes.....	78
V.3	Metodología.....	79
V.4	Datos	82
V.4.1	Emisiones	82
V.4.2	Precios	85
V.4.3	Tasa de descuento.....	86
V.4	Resultados.....	87
V.5	Conclusiones.....	89
CAPÍTULO VI - VALORACIÓN ECONÓMICA DENTRO DEL ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA.....		92
VI.1	Introducción.....	93
VI.2	Marco teórico.....	93
VI.2.1	Fase 1 - Definición de objetivo y alcance.....	94
VI.2.2	Fase 2 - Inventario de ciclo de vida	95
VI.2.3	Fase 3 - Evaluación de impacto	95
VI.2.4	Fase 4 - Interpretación de los resultados.....	97
VI.2.5	Estimación del valor económico de los impactos ambientales.....	97
VI.3	Metodología.....	99
VI.4	Datos	102
VI.4.1	Inventario de ciclo de vida (Fase 2).....	102
VI.4.2	Evaluación de impacto ambiental (Fase 3).....	103
VI.5	Resultados.....	104
VI.5.1	Evaluación de impacto ambiental (Fase 3)	104
VI.5.2	Interpretación de los resultados (Fase 4).....	105
VI.6	Conclusiones.....	108
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES FINALES.....		110

BIBLIOGRAFÍA.....114

PRÓLOGO

El Área Metropolitana de Mendoza es escenario de una expansión urbana desorganizada, generando impactos ambientales, particularmente sobre el potencial de regulación climática del suelo. El valor económico del suelo y del impacto ambiental por su intervención es heterogéneo y desconocido para las personas, llevando a que las decisiones de los individuos puedan ser a largo plazo contradictorias respecto a sus intereses. Por este motivo, en este trabajo se busca valorar económicamente estos impactos, planteándose como caso de estudio, un viñedo ubicado en Chacras de Coria, Luján de Cuyo. Los resultados muestran que, si no se incorpora el valor de este servicio eco-sistémico, hay una subestimación del valor y el precio de los terrenos. Se estima, además, la función de formación de precios en el sector del área metropolitana de Mendoza correspondiente a Luján de Cuyo como caso testigo de lo que ocurre en el Área Metropolitana de Mendoza, para estimar la valoración del ambiente, protagonista de la expansión urbana. Se observa que las personas buscan y están dispuestas a pagar por la cercanía a los espacios verdes. Sin embargo, esto lleva a la desaparición de viñedos y espacios naturales. Es entonces importante desarrollar herramientas de planificación que incluyan una perspectiva ambiental.

RECONOCIMIENTOS

Me gustaría dar un especial agradecimiento a mi Co-directora de tesis, Dra. Mariana Conte Grand, por la dedicación con la que me ha orientado y enseñado desinteresadamente. Además, quisiera agradecer a mis compañeros de trabajo, particularmente a Florencia Colli por acompañarme en esta etapa.

Finalmente agradecer a la Dra. Bárbara Civit, directora de beca y tesis, la Dra. Lorena Córca, Co-directora de beca y al Instituto de Ambiente, Hábitat y Energía (INAHE) y sus autoridades por permitirme desarrollar mi investigación en este instituto.

TABLA DE CONTENIDOS

PRÓLOGO

RECONOCIMIENTOS

TABLA DE CONTENIDOS

LISTA DE TABLAS

LISTA DE FIGURAS Y GRÁFICOS

LISTA DE ABREVIATURAS

CAPÍTULO I - INTRODUCCIÓN

I.1. Problemática

I.2. Justificación

I.3. Objetivo

CAPÍTULO II- MARCO TEÓRICO

II.1 Uso del suelo

II.2 Valoración económica del ambiente

II.3 Análisis de Ciclo de Vida

CAPÍTULO III - CARACTERIZACIÓN DE LA OFERTA DE TERRENOS DE LUJÁN DE CUYO Y CASO DE ESTUDIO

III.1 Introducción

III.2 Metodología

III.3 Datos

III.4 Caracterización de la oferta de terrenos

III.5 Resultados

CAPÍTULO IV - UNA PRIMERA APROXIMACIÓN A LA VALUACIÓN HEDÓNICA DE LOS TERRENOS DE LUJÁN DE CUYO, MENDOZA

IV.1 Introducción

IV.2 Antecedentes

IV.3 Marco teórico

IV.4 Metodología

IV.4.1 Detección de outliers

IV.4.2 Selección de las variables de la regresión

IV.4.3 Especificación del modelo inicial

IV.4.4 Análisis espacial

IV.5 Datos

IV.5.1 Outliers

IV.5.2 Variables incluidas en la regresión

IV.6 Resultados

IV.6.1 Análisis espacial

VI.7 Conclusiones y discusiones

CAPÍTULO V - VALORACIÓN ECONÓMICA DE LOS IMPACTOS POR EL CAMBIO EN EL USO DEL SUELO

V.1 Introducción

V.2 Antecedentes

V.3 Metodología

V.4 Datos

V.4.1 Emisiones

V.4.2 Precios

V.4.3 Tasa de descuento

V.4 Resultados

V.5 Conclusiones

CAPÍTULO VI - VALORACIÓN ECONÓMICA DENTRO DEL ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA

VI.1 Introducción

VI.2 Marco teórico

VI.2.1 Definición de la función territorial y del alcance (Fase 1)

VI.2.2 Inventario de ciclo de vida (Fase 2)

VI.2.3 Evaluación de impacto (Fase 3)

VI.2.4 Interpretación de los resultados (Fase 4)

VI.2.5 Estimación del valor económico de los impactos ambientales

VI.3 Metodología

VI.4 Datos

VI.4.1 Inventario de ciclo de vida (Fase 2)

VI.4.2 Evaluación de impacto ambiental (Fase 3)

VI.5 Resultados

VI.5.1 Evaluación de impacto ambiental (Fase 3)

VI.5.2 Interpretación de los resultados (Fase 4)

VI.6 Conclusiones

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES FINALES

BIBLIOGRAFÍA

LISTA DE TABLAS

Tabla III. 1: Estadísticos descriptivos de los terrenos en venta en Luján de Cuyo.....	36
Tabla III. 2: Superficie según cambio en el uso del suelo y distrito. Valores expresados en km2.	38
Tabla III. 3: Terrenos y Superficie según cambio en el uso del suelo y el contexto urbano. Valores expresados en km2.	39
Tabla III. 4: Terrenos y superficies según el contexto urbano por distrito.....	40
Tabla III. 5: Clasificación del territorio. Medidas resumen.	41
Tabla III. 6: Superficie mínima lotes en Luján de Cuyo.	34
Tabla III. 7: Superficies de cobertura para una hectárea.	46
Tabla IV. 1: Variables independientes consideradas.....	61
Tabla IV. 2: Estadísticas descriptivas de las variables.....	62
Tabla IV. 3: Correlaciones parciales de las distancias.....	64
Tabla IV. 4: Correlaciones parciales de las distancias. Logaritmos naturales.....	64
Tabla IV. 5: Resultados de las estimaciones por MCO.....	67
Tabla IV. 6: Resultados de los modelos espaciales analizados.....	69
Tabla IV. 7: Selección de modelo. Cliff & Ord vs modelos restringidos.....	69
Tabla IV. 8: Resultados obtenidos bajo MCO y CLIFF&ORD.....	70
Tabla IV. 9: Resultados de las estimaciones de los modelos CLIFF&ORD y CLIFF&ORD alternativo.....	71
Tabla IV. 10: Resultados obtenidos bajo el modelo CLIFF&ORD con y sin corrección por heteroscedasticidad.....	72
Tabla V. 1: Valores alternativos emisiones netas de expresados en tn CO2 eq. por hectárea	87
Tabla V. 2: Valor Actual Neto con tasas sociales de descuento no ambientales.	89
Tabla VI.1: Emisiones de CO2 etapa de uso de la urbanización.....	103
Tabla VI. 2: Impactos ambientales de la transformación y ocupación del suelo. Valores de referencia.....	104
Tabla VI. 3: Impactos ambientales por la urbanización de un viñedo. Valores por ha.....	105
Tabla VI. 4: VAN daño ambiental según escenario de análisis.....	107

LISTA DE FIGURAS Y GRÁFICOS

Figura I. 1: Análisis de la expansión urbana en el Área Metropolitana de Mendoza.....	17
Figura I. 2: Mapa Productivo Luján de Cuyo 2015 vs terrenos en venta 2019-2020.....	18
Figura II. 1: Cadena de causa - efectos de los impactos ambientales.....	30
Figura II. 2: Integración del análisis de ciclo de vida y los métodos de valoración económica aplicados al cambio en el uso del suelo.....	31

Figura III. 1: Clasificación de los terrenos por superficie y precio	37
Figura III. 2: Zonificación y terrenos en venta en Luján de Cuyo	42
Figura III. 3: Oferta de terrenos en el Área Metropolitana de Luján de Cuyo. Clasificación por servicios públicos	42
Figura III. 4: Potenciales zonas críticas y servicios públicos.....	43
Figura III. 5: Potenciales zonas críticas y servicios y transporte público	44
Figura III. 6: Caso de estudio	45
Figura IV. 1: Modelos espaciales.....	55
Figura IV. 2: Outliers del lnPrecio	63
Gráfico V. 1: Precio sombra del CO2. Periodo 2020-2069.....	86
Gráfico V. 2: Análisis de sensibilidad probabilístico de VAN del impacto ambiental.....	88
Figura VI. 1: Marco metodológico propuesto por Cao et al. (2015).....	98
Figura VI. 2: Impacto ambiental sobre el potencial de regulación climático. ASP.	106
Figura VI. 3: Impacto ambiental por terreno.....	107

LISTA DE ABREVIATURAS

A: área afecta en m^2

AIC: Criterio de Información de Akaike

ACV: Análisis de ciclo de vida

ACP: Análisis de componentes principales

AMM: Área Metropolitana de Mendoza

APOT: Agencia Provincial de Ordenamiento Territorial

CERS: Certificados de emisión de gases de efecto invernadero

C: carbono orgánico del suelo

CA= Capacidad de adaptación del ecosistema

CO₂: Dióxido de carbono

CO_{2 eq.}: Dióxido de carbono equivalente

CP1: componente principal 1

CP2: componente principal 2

CSC: Costo social del carbono

DistCentro: distancia desde el centro del terreno al centro de salud más cercano

DistCiclov: distancia desde el centro del terreno a la ciclovía más cercana

DistColegios: distancia desde el centro del terreno al colegio más cercano

DistEspcVe: distancia desde el centro del terreno al espacio verde más cercano

DistRutas: distancia desde el centro del terreno a la ruta más cercana

DistParadas: distancia desde el centro del terreno a la parada de transporte público más cercana más cercano

Gets: enfoque de lo general a lo particular

IA: impacto ambiental

IE: impacto económico

IET: Impacto económico total

IPE: Índice de Prestaciones Energéticas

KWh: kilowatt

LM: Multiplicador de Lagrange

LR: Ratio de logverosimilitud

M²: metro cuadrado

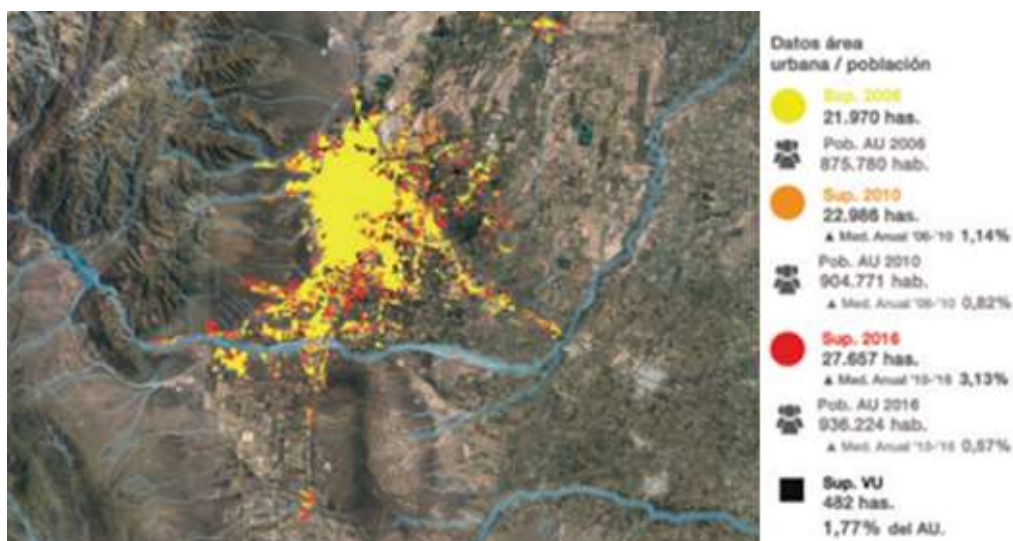
MCO: Mínimos cuadrados ordinarios
MWh: Megawatt
N/D: no hay datos
Steg: enfoque de lo particular a lo general
PC: precio del carbono
SARAR: Spatial autorregresive
SDEM: Spatial Durbin Error Model,
SDM: Spatial Durbin Model
SEM: Espatial error model
SLM: spatial lag model
SLX: Spatial lag en X model
ServPublicos: Servicios públicos
FIV: Factor de Inflación de la Varianza
LISA: Indicador Local de Asociación Espacial
IO: Impacto por ocupación
FC: Factor de caracterización
FCE: Factor de caracterización económico
Fd: factor de duración
Ha: hectárea
PCG: potencial de calentamiento global
PETS: permisos de emisión transables
PPOT: Plan Provincial de Ordenamiento Territorial de Mendoza
PMOT: Plan Municipal de Ordenamiento Territorial de Mendoza
PVN: potencial de vegetación natural
VAN: Valor Actual Neto
TD: tasa de descuento
TSD: tasa social de descuento
Tn: tonelada
T_{oc}: tiempo de ocupación
ZR5: Zona residencial 5
FOS: Factor de ocupación del suelo
 ΔE_t : diferencial entre las emisiones netas de CO₂
 ΔQ : cambio en la calidad del ecosistema.

CAPÍTULO I - INTRODUCCIÓN

La provincia de Mendoza está situada en el centro-oeste de la República Argentina, en la longitud: O68°49'37.81" y latitud: S32°53'27.02", con una extensión de 148.827 km². Su población total es de 2.014.533 personas (Censo 2022) y al igual que sucede en la Provincia de San Juan, por estar en zonas áridas, la organización del territorio de la provincia depende de la ubicación de las zonas irrigadas. Esto se debe a que como se menciona en el Plan Provincial de Ordenamiento Territorial de Mendoza, el agua es el factor clave que controla y condiciona a los demás factores territoriales, (Ley 8.999/17 - Plan Provincial de Ordenamiento Territorial). Por ello, su presencia tiene un papel fundamental en el establecimiento de las actividades económicas y la urbanización. Esto lleva a que el 62,5% de la población vive en el Área Metropolitana de Mendoza, el 15% y el 12,5% en el sur y este de la provincia respectivamente y el restante 10% reside en el centro-oeste y noroeste.

De esta manera, la mayor parte de la actividad económica de la provincia se desarrolla en el Área Metropolitana de Mendoza (AMM), ubicada en el Oasis Norte de la provincia y compuesta por 6 departamentos: Ciudad, Godoy Cruz, Guaymallén, Las Heras, Luján de Cuyo y Maipú. Con una extensión de 313.7 km², el AMM tiene una población 979.379 personas, según el Censo 2010. Se caracteriza por tener una baja densidad poblacional, producto de la cual, se da fragmentación del territorio y aislamiento espacial (Muñiz et al., 2007). Como consecuencia, se generan a grandes contrastes producto de la convivencia de lotes residenciales, viñedos antiguos, bodegas, barrios de viviendas sociales y conjuntos residenciales cerrados. Esto resalta y acentúa las diferencias de los agentes involucrados, dificultando la convivencia y profundizando la fragmentación social (Mesa & Giusso, 2014). La figura I.1 muestra el proceso de expansión urbana en el periodo 2006-2016. Este punto cobra notoriedad en las zonas de interfaz urbano rural o complementarias del AMM, que son zonas de transición entre las zonas urbanas y las rurales, en las que las primeras avanzan y ejercen presión sobre los territorios rurales, provocando conflictos y transformaciones complejas, heterogéneas que muchas veces dificultan la zonificación de uso del suelo. Se caracteriza, además, por la diversidad de ecosistemas y presencia de diversos actores con intereses privados, públicos y comunitarios y es un espacio con variedad de oferta y demanda de bienes y servicios ambientales, sociales y económicos (Gudiño, 2018).

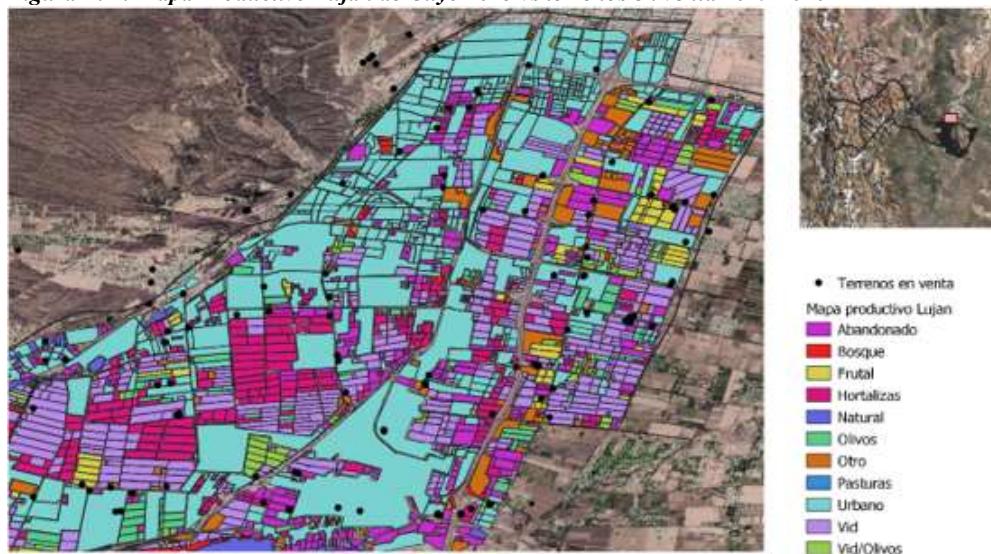
Figura I. 1: Análisis de la expansión urbana en el Área Metropolitana de Mendoza.



Fuente: Centro de Implementación de Políticas Públicas para la Equidad y el Crecimiento (2022)

Esta dinámica de crecimiento se debe, entre otros factores, a la crisis que sufrió la vitivinicultura en la década de los 80, lo que llevó a una reducción del valor de estas tierras productivas y una expansión de la oferta inmobiliaria, caracterizada por la proliferación de terrenos para viviendas de fin de semana, residencias permanentes o las inversiones por especulación inmobiliaria (Córica & Manrique, 2019; Mesa & Giusso, 2014). La principal zona afectada fue el sur del área consolidada, es decir, Luján de Cuyo. En la figura I.2 se observan para este departamento las parcelas destinadas a diferentes cultivos, con cobertura natural y los suelos urbanos correspondientes al año 2015, junto con los terrenos en venta publicados en el área metropolitana de dicho departamento en el periodo septiembre de 2019- febrero de 2020.

Figura 1. 2: Mapa Productivo Luján de Cuyo 2015 vs terrenos en venta 2019-2020



Fuente: Elaboración propia.

En el mapa (Figura I.2) se observa que los terrenos disponibles se encuentran rodeados de cultivos, producto de que muchos de estos terrenos están en suelos que previamente fueron principalmente frutales, vid y olivo.

En respuesta a este crecimiento desorganizado, surge en el año 2009 la Ley 8.051 de Ordenamiento Territorial y Usos del Suelo, que enmarca y busca ordenar la transformación urbana de la provincia: da origen y define el contenido del *Plan Provincial de Ordenamiento Territorial* (PPOT), sancionado en la Ley N° 8.999/2017, elaborado y coordinado por la Agencia Provincial de Ordenamiento Territorial. El PPOT constituye el marco de referencia sistémico y específico para la formulación y gestión de las acciones públicas y privadas concernientes al ordenamiento territorial de la Provincia de Mendoza. La clasificación del territorio que hace el PPOT sigue la misma línea que la Ley 8.051 y busca armonizar las actividades humanas con el cuidado del ambiente. El principal objetivo de esta normativa es promover el desarrollo territorial de manera equitativa y sostenible de Mendoza, no sólo en las áreas urbanas y rurales, sino también en las zonas naturales, no irrigadas y oasis, garantizando un sistema urbano, rural y natural equilibrado acorde a la aptitud del suelo para los asentamientos humanos y las actividades económicas; haciendo hincapié en la infraestructura y equipamiento existente, la disponibilidad del agua y el manejo de los riesgos naturales y antrópicos.

De esta manera se busca conciliar el desarrollo socio-económico, presente y futuro, con la preservación del ambiente, destacando la necesidad de proteger los recursos naturales, las cuencas y el suelo, y regular su uso; y así minimizar la degradación de las áreas urbanas y rurales. En base a esto, persigue establecer las condiciones físicas,

sociales, económicas y espaciales necesarias para satisfacer la demanda de vivienda, servicios públicos, infraestructura, equipamiento que acompañen el crecimiento de la provincia.

A partir de lo estipulado en la Ley 8.051,, el PPTO establece una metodología a partir de la cual desarrolla la clasificación del territorio de la provincia utilizando una serie de indicadores y variables definidos por la Agencia de Ordenamiento Territorial (APOT). Como consecuencia, el territorio se clasifica en 5 categorías:

- **Áreas urbanas:** se destacan las actividades terciarias y residenciales o compatibles con la función residencial del suelo como el esparcimiento, la comercial, de servicios e industriales no nocivas. En estas zonas, conviven usos que contribuyen a la biodiversidad, la recreación, el aprovechamiento de los espacios públicos y la movilidad de la población. En estas áreas están prohibidas las actividades industriales nocivas o que generan impactos ambientales o perjuicios a la población. La planificación de las áreas urbanas debe hacerse en forma conjunta.
- **Áreas de interfaz rural y natural:** son las zonas definidas en la Ley 8.051 como las áreas complementarias, en las que coexisten diferentes funciones del suelo necesarias para el desarrollo de la población. Además, cumplen un rol de conexión y transición entre zonas urbanas y rurales. Son espacios con densidad poblacional y edilicia media. Para lograr la conformación de un área de interfaz urbano rural se aplican los principios de continuidad urbana a través del análisis espacial mediante Sistemas de Información Geográfica. En estas zonas coexisten las actividades económicas del sector primario y secundario y si bien los cambios en el uso del suelo son irreversibles, hay una alta demanda de inversión inmobiliaria sociales. Otras de las características de estas zonas en la superposición de competencias en lo político-administrativo, interacción cultural urbano-rural y conflictividades ambientales/contaminación.
- **Áreas rurales:** definidas en la Ley 8.051, estas pueden ser irrigadas o no irrigadas. En estas partes de la provincia, no está permitido el cambio en el uso del suelo, salvo “dictamen vinculante de la APOT a fin de garantizar la sustentabilidad del uso productivo de la tierra y la infraestructura rural existente”.
- **Áreas naturales:** El PPTO establece que serán definidas de acuerdo a clasificación realizada por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza y la Ley de Áreas Naturales Provinciales y sus ambientes silvestres N° 6.045/1993

- **Áreas bajo regímenes especiales:** en el ámbito provincial, las Áreas Naturales Protegidas y sus ambientes silvestres, están protegidos mediante la Ley N°6045, los bosques nativos, con la Ley N°8195, el Parque General San Martín con la Ley N° 4886/83. Además, los glaciares y peri-glaciares, están sujetos a la Ley N° 26.639.

I.1.Problemática

El avance urbano hacia la interfaz urbano-rural en el AMM y sobre las zonas agrícolas, no tuvo ni tiene en cuenta los impactos ambientales por los cambios en el uso del suelo. Dentro de estos se destaca, por ejemplo, que las ciudades son responsables de dos tercios del consumo mundial de energía y de más del 70 % de las emisiones de gases de efecto invernadero (World Bank, 2021).

Ignorar los impactos ambientales no permite que los tomadores de decisiones incorporen al análisis los costos y beneficios que aportan estos cambios, especialmente en las zonas de interfaz urbano rural, siendo necesario integrar en la planificación urbana este aspecto para que sea sostenible a largo plazo.

Uno de los aspectos a considerar para cuantificar los impactos ambientales es el cambio en la calidad del suelo, que se mide habitualmente con indicadores de servicios eco-sistémicos, como la pérdida de biodiversidad, o emisiones de dióxido de carbono equivalentes¹ (CO₂eq.), afectando el potencial de regulación climática del suelo. A partir de esto, es necesario emprender la búsqueda de propuestas y soluciones efectivas para el manejo sustentable de los recursos naturales, particularmente para saber cómo afecta el avance de las urbanizaciones sobre las zonas de interfaz urbano-rural y suelos productivos de esta región.

¹ El dióxido de carbono equivalente es una medida universal utilizada para indicar en términos de CO₂, el equivalente de cada uno de los gases de efecto invernadero con respecto a su potencial de calentamiento global.

I.2. Justificación

Al no incluirse las pérdidas sobre la calidad del suelo, la planificación urbana queda sujeta a los intereses de los particulares. Por ejemplo, suponiendo que 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 varía entre US\$10- US\$12 mil por hectárea, si no está cultivada, hasta los US\$15- US\$40, en caso contrario (MendozaPost, 2020). Por otro lado, y de acuerdo a lo publicado en las páginas web de diversas inmobiliarias (Adobe, Inmoclick, Properati) estas mismas tierras pueden ser vendidas a partir de los \$ US 50 mil.

Pero, ese precio, no incluye a priori el verdadero valor de los terrenos, ya que se omitiría el impacto ambiental. El principal problema es que los bienes ambientales no generan señales explícitas de mercado que permitan descubrir la importancia que las personas le conceden, por carecer justamente de un mercado. En base a esto se plantea la siguiente hipótesis de trabajo: “La visión económica para identificar los costos asociados al impacto ambiental del uso del suelo condiciona la elección de la forma más adecuada de ocupación y transformación del territorio”.

I.3. Objetivo

Siguiendo la Ley de Ordenamiento Territorial y los correspondientes planes municipales de ordenamiento territoriales y ordenanzas, como marco para la lotificación y urbanización de Mendoza, el objetivo de esta tesis es contribuir a la sustentabilidad del uso del suelo en tierras secas cuantificando económicamente los impactos sobre el bienestar social y encontrar la manera más adecuada de estimarlo. Se pretende buscar herramientas de planificación urbana que contemplen los impactos ambientales por el sellamiento del suelo que provoca la urbanización indiscriminada del AMM. La inclusión de los impactos ambientales en el precio de los terrenos podría contribuir a desarrollar una herramienta de planificación que permita disminuir los costos ambientales de la

expansión urbana. Para ello es necesario, además, comprender el mecanismo de formación de precios de los lotes en venta en el Área Metropolitana de Mendoza.

De acuerdo a Koellner et al. (2013) ocupación y/o transformación del suelo tiene diferentes impactos a nivel, pero por cuestiones de tiempo y disponibilidad de datos, se analizan únicamente el impacto sobre el potencial de regulación climática por ser el cambio en el nivel de emisiones de CO₂, uno de las principales causas del calentamiento global

Siguiendo esta línea de trabajo, se establecen los siguientes objetivos específicos:

- Comprender el mecanismo de formación de precios de los lotes en venta en el sector del Área Metropolitana de Mendoza correspondiente a Luján de Cuyo, como caso testigo de lo que ocurre en el Área Metropolitana de Mendoza. Se busca que estos resultados que sean una herramienta de análisis para la implementación de políticas de planificación y expansión urbana.
- Calcular el cambio en las emisiones de CO₂, por el cambio en el uso del suelo que se produce al urbanizar un viñedo, y posteriormente, valorar económicamente dichas variaciones con las metodologías de valoración económica de los bienes ambientales.
- Estimar monetariamente el impacto sobre el potencial de regulación climático calculado bajo el enfoque de Análisis de Ciclo de Vida.
- Comparar los resultados obtenidos para conocer qué metodología es más adecuada para la valoración de los impactos cuando se plantea la urbanización del suelo.
- Identificar las zonas con mayor impacto ambiental por el cambio en el uso del suelo.

A partir de estos objetivos, esta tesis se organizó de la siguiente manera. En el Capítulo II se presenta el marco teórico, luego en el Capítulo III, se describe el caso de estudio propuesto. En el Capítulo IV, se analiza la oferta de terrenos de Luján de Cuyo para identificar las variables que influyen en la fijación de los precios de los lotes. En el Capítulo V, se hace la valoración económica de las emisiones de CO₂ producto del cambio en el uso del suelo. Luego, en el Capítulo VI se valorar los impactos ambientales calculados con el análisis de ciclo de vida. Por último, se presentan las conclusiones generales de la tesis.

CAPÍTULO II- MARCO TEÓRICO

Como se adelantó en el capítulo anterior, el objetivo de esta tesis es conocer el efecto potencial sobre el bienestar social por el cambio en el uso del suelo con fines de uso residencial, comparando como paso intermedio dos metodologías alternativas para la cuantificación y valoración del impacto. Por esta razón, la tesis se apoya principalmente en tres dimensiones: a) el uso del suelo y los cambios en los niveles y calidad de servicios eco-sistémicos provistos, b) el análisis de ciclo de vida para el cálculo del impacto por estas variaciones y c) la valoración económica del ambiente, para estimar el cambio del bienestar social por los cambios ambientales. Independientemente de si la evaluación de los impactos se lleva a cabo bajo el análisis de ciclo de vida o no, una vez calculados los impactos ambientales, es necesario realizar su valoración económica.

II.1 Uso del suelo

Existen para Mendoza 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 impactos ambientales. Pero estos no se enfocan en la captura de CO₂ del suelo, sino que, en otros servicios eco-sistémicos, principalmente el de provisión de agua. Ello se debe a que Mendoza se encuentra en una zona árida y las actividades antrópicas se realizan en función de la disponibilidad de agua.

Al respecto, Farreras & 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. Estimaron que un aumento de un punto porcentual en la disponibilidad de agua, agregaría en promedio USD 0.75 por año en términos de mayor bienestar de los ciudadanos, cifra equivalente a la caída del bienestar que éste sufriría producto de un aumento del 1.45% en el uso de fertilizantes químicos por ha. o por la disminución del 2,69% en la conservación de la biodiversidad. Siguiendo la preocupación por el agua, Civit et al (2019) calculan mediante el análisis de ciclo de vida, el impacto por escasez por el uso de agua en planificaciones barriales de baja densidad edilicia en tierras secas. Otros autores como (Gómez Piovano & Mesa, 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. Y, 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. Todos estos trabajos analizan servicios eco-sistémicos, que son los procesos a través de los cuales los ecosistemas sostienen y satisfacen la vida humana y directa o indirectamente mantienen calidad de vida. Esto facilita la identificación de los individuos o grupo de personas afectados por algún tipo de variación en la cantidad o en la calidad de un bien o servicio ambiental determinado. Los servicios eco-sistémicos pueden ser (FAO), 2023)

- 1) **Servicios de abastecimiento:** son los productos obtenidos de ecosistemas, incluyendo alimentos, materias primas, agua dulce y recursos medicinales.
- 2) **Servicios de Regulación:** son los beneficios obtenidos de la regulación de los procesos eco-sistémicos, entre ellos se destacan el mantenimiento de la calidad del aire y la regulación climática, ya que los ecosistemas influyen en el clima tanto a nivel local como mundial. Los principales son: control de la erosión, purificación de agua y tratamiento de residuos, regulación de las enfermedades humanas, control biológico, polinización, protección contra tormentas y secuestro y almacenamiento de carbono.
- 3) **Servicios culturales:** son los beneficios no materiales que las personas obtienen de los ecosistemas a través del enriquecimiento espiritual, el desarrollo cognitivo, la reflexión, la recreación y las experiencias estéticas, incluyendo la diversidad cultural, la recreación y ecoturismo y los valores educativos entre otros.
- 4) **Servicios de soporte:** son los necesarios para la producción de todos los demás servicios eco-sistémicos. Se diferencian del aprovisionamiento, la regulación y los servicios culturales en que sus impactos en las personas son indirectos o a largo plazo mientras que los cambios en las otras categorías tienen impactos relativamente directos y a corto plazo en las personas.

Dependiendo del servicio eco-sistémico involucrado en el estudio y del valor que se busca identificar, se elige la metodología para realizar la valoración económica del impacto ambiental, aunque muchas veces la disponibilidad de datos y recursos determina el método finalmente elegido.

II.2 Valoración económica del ambiente

El valor de un bien en economía tiene que ver con el nivel de satisfacción que genera a cada individuo (Azqueta et al., 2007) y de la idea que la satisfacción de los individuos puede ser expresada en términos de una cantidad numérica (el dinero), aunque este punto genera muchos detractores, que consideran que no se le puede asignar valores monetarios al ambiente (Kelman, 1981). Azqueta et al. (2007) destaca que, según la Real Academia de la Lengua, valorar un bien es el proceso a través del cual se le reconoce su valor, lo cual se hace con una visión antropocéntrica. Específicamente en este trabajo, significa que los impactos considerados por el cambio en el uso de suelo son aquéllos que afectan a las personas a través de las consecuencias que tienen sobre ellas. Por ejemplo, mayores emisiones de GEI afectan la temperatura, las precipitaciones y eso tiene efectos sobre la salud humana o los bienes materiales.

Los motivos por los cuales las personas asignan valor al ambiente son el *uso*, el *no uso* y la *opción*. El valor de uso puede ser extractivo, si los recursos se utilizan directamente. En este grupo, se puede encontrar el suministro de alimentos por medio del cultivo de vid y olivo. En caso contrario, el uso es no extractivo. Ejemplo de esto, son las funciones eco-sistémicas que tales cultivos pueden tener, como la fijación de dióxido de carbono o el eno-turismo. El valor de no uso en cambio, no está relacionado a la utilización del bien presente ni futura: las personas no lo usan ni piensan hacerlo, pero valoran positivamente el simple hecho de que el bien exista, Azqueta (2007). Este puede ser de existencia o de legado: el primero se relaciona con la creencia del derecho a la existencia de otras formas de vida, animales, plantas o ecosistemas. El valor de legado, en cambio, se relaciona con el deseo de preservar un determinado bien para su goce de las generaciones futuras, es decir, altruismo inter-temporal. Por último, existe valor de opción cuando, aunque las personas actualmente no utilizan el bien ambiental, prefieren tener la posibilidad de hacerlo en algún momento futuro.

En general en la valoración económica de proyectos o políticas se usan precios de mercado, pero en los temas ambientales, la existencia de externalidades hace que los mercados sean ineficientes en la asignación de recursos. Pero, la inexistencia de un precio no implica que tampoco tenga valor. Este último está relacionado con la satisfacción que genera en los individuos. Esto, junto con que hay pocos mercados regulados de calidad ambiental o contaminación, donde el precio pueda usarse para una valuación, llevaron a

la economía a desarrollar metodologías y aplicar métodos de valuación no de mercado para el ambiente (Conte Grand, 2017)

La metodología de valoración más utilizada es el método de valoración contingente, que busca averiguar la valoración que las personas tienen sobre un determinado bien ambiental preguntándoles directamente. Se realiza mediante encuestas, cuestionarios o entrevistas donde el entrevistador crea un mercado simulado para el bien ambiental que investiga y trata de averiguar cuánto están dispuestas a pagar las personas. Otra metodología ampliamente utilizada es el método de costo de viaje, que computa los pagos realizados para gozar del bien o servicio ambiental y se utiliza cuando las personas tienen que trasladarse a un lugar particular para disfrutarlo. Aunque no se pague un canon de ingreso al sitio natural, las personas incurren en erogaciones monetarias para hacerlo, que son el costo del viaje (combustible, alojamiento, peajes, etc). Al computarlos, se puede analizar cómo varía la cantidad demandada ante cambios en el costo de disfrutarlo u otras variables determinantes. De esta manera y calculada la función de demanda ambiental, es posible estimar el cambio en el bienestar de las personas ante un cambio en la calidad del medio ambiente. Se tienen en cuenta para el cálculo de la función de demanda otras variables relevantes como las características socioeconómicas de los encuestados, características del entorno, presencia y accesibilidad de emplazamientos alternativos, entre otros.

Luego, el método de precios hedónicos, que considera que hay relaciones de complementariedad entre bienes ambientales y privados, donde el primero es una característica del segundo. Este método busca descubrir los atributos que influyen en la fijación del precio del bien privado y conocer su importancia cuantitativa. El ejemplo más importante es el de las viviendas². Otro método es el de costos evitados. Su aplicación implica estimar los costos de evitar determinados daños sobre el medio ambiente, considerando que estos representan estimaciones confiables del valor del medio ambiente, suponiendo que, si las personas están dispuestas a incurrir en este tipo de costos para evitar los daños producidos por la pérdida de algún servicio ambiental o desmejora de su calidad, entonces, estos servicios deben valer, el monto que la gente paga para ello o más. Por último, están el método de transferencia de valores y la valoración mediante la utilización del precio del carbono. El primero es la práctica de transferir los valores obtenidos en un estudio para la evaluación de un IA en otro trabajo. Se aplica porque lleva

² Se profundiza sobre esta metodología en el Capítulo IV.

menos tiempo y gasto que los demás métodos. La utilización de precio del carbono, por otro lado, es utilizada para valorar las emisiones de Dióxido de Carbono equivalente (CO₂ eq.), ya que muestra el costo para la sociedad de los daños causados en el ambiente de la emisión de una tn de CO₂ equivalente a la atmósfera. Estas metodologías son desarrolladas en el Capítulo V.

II.3 Análisis de Ciclo de Vida

De acuerdo con la norma ISO 14040 (Organización Internacional de Normalización, 2006), el Análisis de Ciclo de Vida (ACV) es una metodología de evaluación de los impactos ambientales que considera las entradas y salidas de recursos y materiales en cada etapa del ciclo de vida de un producto estudiado, desde la extracción de las materias primas, pasando por el procesamiento y la manufactura, el empaque, el transporte, el uso y el fin de vida, por lo que permite conocer los impactos ambientales actuales potenciales producto del accionar del hombre. Algunos de los impactos ambientales que se analizan son el cambio climático, la eutrofización, la acidificación, los efectos toxicológicos y el uso de recursos abióticos, c. De acuerdo a esta norma, las fases del ACV son:

Fase 1 - Definición del objetivo y alcance

Fase 2 - Análisis de inventario

Fase 3 - Evaluación del impacto ambiental

Fase 4 - Interpretación de los resultados

En la primera fase, además de establecerse los límites del sistema y el nivel de profundización buscado, se define la unidad funcional, que es el rendimiento cuantificado de un sistema de producto para su uso como flujo de referencia, ISO (2006), describiendo la función principal del sistema que se busca analizar. La definición de la unidad funcional es indispensable para llevar adelante el análisis de ciclo de vida y asegurar la comparabilidad de los sistemas porque es la base para calcular las entradas y salidas del sistema. Sin embargo, al trabajar con el territorio, el sistema es por definición multifuncional, por lo que se complejiza definir la unidad funcional (Loiseau et al., 2013). En respuesta a esto, Loiseau et al. (2013, 2018) proponen un Análisis de Ciclo de Vida Territorial (ACV Territorial), lo cual permite avanzar en la comparación de diferentes

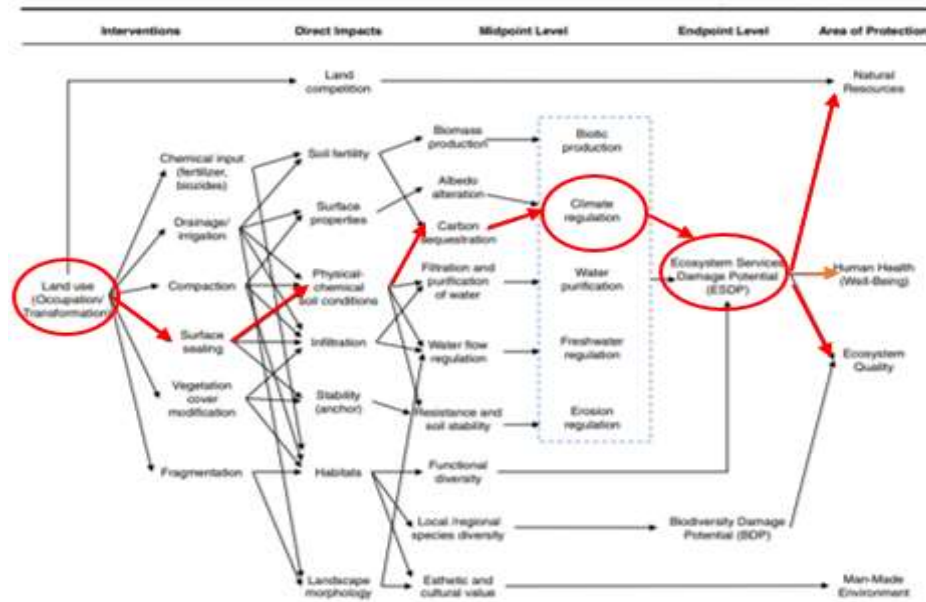
escenarios de planificación urbana. Es un marco teórico para el análisis del ciclo de vida de diferentes escenarios de planificación del territorio. Los autores sostienen que, al analizar el territorio, e independientemente del escenario de planificación, el objeto de estudio es el territorio delimitado por los límites geográficos. En este contexto, el flujo de referencia es el escenario de planificación urbana y para analizar los impactos ambientales y dada la multifuncionalidad, proponen reemplazar la definición de unidad funcional por la identificación de funciones del suelo relacionadas a un flujo de referencia previamente determinado. Loiseau et al. (2013) agrupan estas funciones en tres categorías, económicas, sociales y ambientales, aunque enfatizan que no es un listado taxativo, sino que puede variar en función de las necesidades y objetivos de los tomadores de decisiones. En el Capítulo VI se desarrolla con más profundidad este enfoque.

En la Fase 2, en la que se realiza el análisis del inventario, se hace una recopilación de datos para alcanzar el objetivo establecido y se cuantifican todas las entradas y salidas del sistema. Este resultado se convierte en una unidad común de indicador de categoría, mediante Factores de Caracterización (FC), que pueden ser regionales o nacionales y permiten combinar los flujos de referencia en un indicador por categoría de impacto. El impacto sobre el potencial de regulación climática se evalúa mediante los gases de efecto invernadero y se usa el potencial de calentamiento global de cada gas para agregar a todos los gases en un solo indicador, que es calentamiento global equivalente expresado en términos de dióxido de carbono equivalente ($\text{CO}_{2\text{eq}}$).

A partir de la información relevada en el análisis de inventarios, en la fase 3, de evaluación de impacto de ciclo de vida (EICV), se provee información adicional para evaluar los resultados del inventario del ciclo de vida del sistema y mejorar la comprensión de importancia ambiental, para lo cual se identifica, cuantifica y valora los impactos ambientales asociados a la unidad funcional. En el caso particular del cambio en el uso del suelo, Koellner et al. (2013) proponen una guía metodológica para abordar los impactos globales sobre la biodiversidad y los recursos eco-sistémicos. En ella, los autores consideran dos tipos de intervención del suelo, analizados previamente por Milà i Canals et al. (2007): ocupación y transformación y muestran la cadena de causa-efecto de cómo estas intervenciones impactan en las diferentes áreas de protección, figura II.1 Dentro del ACV, los impactos ambientales pueden medirse a nivel midpoint o endpoint. Los primeros, describen problemas ambientales, a diferencia de los indicadores a nivel endpoint, que describen daños sobre el medio ambiente, agregando y resumiendo los impactos individuales midpoint en diferentes áreas de protección que son la calidad del

ecosistema, la salud humana y disponibilidad de recursos naturales (Hardaker et al., 2022).

Figura II. 1: Cadena de causa - efectos de los impactos ambientales.



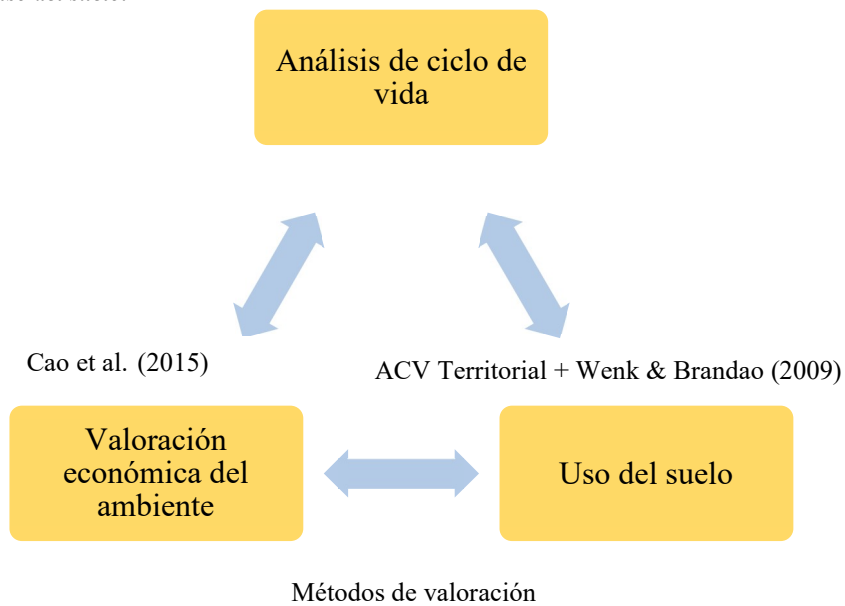
Fuente: Koellner et al. (2013)

En la ocupación del suelo, sus propiedades no cambian y se utiliza con la misma función productiva que tenía. En cambio, cuando se produce la transformación, las características del suelo sí cambian. Si bien la etapa de transformación es relativamente corta y atemporal, tanto la transformación como la ocupación impactan en la calidad del ecosistema por un determinado periodo de tiempo³. La calidad del ecosistema es, junto con los recursos naturales, la salud humana y el medio ambiente artificial, una de las cuatro áreas de protección del medio ambiente. Por último, la interpretación permite la discusión de los resultados obtenidos y realizar recomendaciones para la toma de decisiones de acuerdo con el objetivo y alcance definidos.

La revisión de los antecedentes concluyó que las metodologías de valoración de no mercado son fácilmente aplicables para estimar el valor económico del impacto ambiental por la urbanización de un viñedo, pero cuando esto se hace bajo el paraguas del análisis de ciclo de vida, se complejiza el estudio. No se encontraron trabajos que lo hagan, pero el trabajo de Paris et al. (2019), permitió definir bases para el análisis, figura II.2.

³ La calidad del ecosistema, es su capacidad para sostener la biodiversidad y dar servicios a la sociedad humana.

Figura II. 2: Integración del análisis de ciclo de vida y los métodos de valoración económica aplicados al cambio en el uso del suelo.



Fuente: Elaboración propia

El trabajo de Cao et al. (2015) desarrolla una metodología para estimar el valor económico de los impactos ambientales calculados con el ACV y el ACV Territorial (Loiseau et al., 2013, 2018) permite salvar el problema de la unidad funcional al reemplazar su definición por la identificación de funciones territoriales. A partir de estos trabajos en el Capítulo VI se hace la valoración económica del impacto ambiental por la urbanización de un viñedo, para luego comparar los resultados con los obtenidos en el Capítulo V, donde no se aplica el ACV.

**CAPÍTULO III -
CARACTERIZACIÓN DE LA
OFERTA DE TERRENOS DE
LUJÁN DE CUYO Y CASO DE
ESTUDIO**

III.1 Introducción

De acuerdo al Observatorio Urbano del Colegio de Arquitectos de Mendoza, dentro de la Provincia de Mendoza, Luján de Cuyo fue el departamento con mayor transformación del territorio en el período 2005-2015, con el suelo urbano como uso final. Solamente en este período, 1284 has rurales fueron urbanizadas, seguido por Maipú, con 889 has, y Guaymallén con 576 has, generando un corrimiento de la frontera agrícola.

Por esta razón, se definió el departamento de Luján de Cuyo como caso de estudio para caracterizar el suelo sobre el que se está produciendo la expansión urbana en el AMM. Entonces, esto se comenzó caracterizando la oferta de terrenos del sector del área metropolitana de Mendoza correspondiente a Luján de Cuyo, para luego dentro de esta, identificar zonas críticas para la expansión urbana, incluidas en el área de densificación propuesta para el AMM en el Plan Provincial de Ordenamiento Territorial de Mendoza (PPOT).

El PMOT de Luján de Cuyo, aprobado mediante la Ord. 13495/2019, clasifica y caracteriza el territorio departamental en las siguientes áreas: urbanas, de interfaz urbano rural, rurales irrigadas y no irrigadas, naturales y zonas sujetas a regímenes especiales sobre la base de la clasificación de áreas a nivel provincial. A su vez, la Ordenanza 14106/2021 reglamenta su zonificación, actualizando su Código de Ocupación, definiendo las siguientes zonas a lo largo del territorio: a) residenciales (ZR); b) residenciales mixtas (ZRM); c) comerciales mixtas (ZCM); d) reservas naturales (ZRN); e) áreas protegidas.

A fines de este trabajo, se definió como zonas críticas a aquellos espacios que, por su superficie, sus características de accesibilidad, servicios públicos provistos e infraestructura, son potenciales candidatos para la ocupación o transformación del suelo, pudiendo o no implicar un cambio en el uso del suelo.

III.2 Metodología

Para la selección del caso de estudio se hizo una geo-referenciación de los terrenos utilizando el software QGis 3.6 y se cruzó con el Plan Municipal de Ordenamiento Territorial (PMOT) de Luján de Cuyo y con la ordenanza municipal, para conocer si se

puede construir en estos terrenos. La reglamentación para la zonificación de Luján de Cuyo, a través de la Ordenanza establece diferentes superficies mínimas para la división de lotes, dependiendo de la zona y los usos del suelo permitidos. Entonces, no se impuso como requisito una superficie mínima general, sino que se exigió que las zonas potencialmente críticas puedan ser divididas en por lo menos 30 terrenos más las calles y los espacios verdes comunes. En la Tabla III.1 se detallan estos requisitos.

Tabla III. 1: Superficie mínima lotes en Luján de Cuyo.

Distrito	Mínimo lote-requisito zonificación	Superficie mínima terreno
Agrelo	Fuera del alcance de estudio	
Carrodilla	500 m2 (Carrodilla Sur)	>1,5 ha
Chacras de Coria	Casco histórico: 300m2 Zona residencial: 1000 m2 o 700 m2 en las esquinas. Excepcionalmente 750m2 Zona residencial mixta: 500 m2	Casco histórico: > 0,9 ha Zona residencial: 3 ha Zona residencial mixta: >1,5 ha
Ciudad	200	>0,6 ha
Las Compuertas	750 m2	>2,25 ha
La Puntilla	500 m2	>1,5 ha
Mayor Drummond	500 en algunas partes y 300 en otras	>1,5 ha en algunas zonas y 0,9 ha en otras
Perdriel	Fuera del alcance de estudio	
Vertientes de Piedemonte	No hay requisitos de tamaño, pero actualmente están prohibidos y frenados los desarrollos inmobiliarios, por lo que queda fuera del área de estudio.	
Vistalba	500 m2	>1,5 ha

Fuente: Elaboración propia en base ordenanzas de zonificación de Luján de Cuyo

Posteriormente, se clasificaron los terrenos según los servicios públicos provistos (agua, luz y gas), ya que, de acuerdo al Régimen de Loteos y Fraccionamiento de terrenos de Mendoza, para la aprobación de lotes y loteos el requisito mínimo es la dotación de agua potable. La exigencia sobre el gas es más flexible: si bien se pide su dotación, en caso de infactibilidad en la provisión de los servicios, esta debe ser acreditada por la repartición pública correspondiente. La red de cloacas no fue incluida por su fácil sustitución por pozos sépticos.

Finalmente, y para conocer las condiciones de accesibilidad a los centros urbanos⁴, se analizó el recorrido del transporte público, lo que permitió conocer las condiciones de la movilidad interdepartamental e intra-departamental de los terrenos y

⁴ La accesibilidad al transporte público nace de la idea de que los viajes realizados en cada medio vienen condicionados por su adecuación y nivel de servicio. En consecuencia, el total de viajes desde un área urbana depende de la facilidad objetiva para viajar (congestión, frecuencia de los transportes públicos...). (Santos y Ganges & de las Rivas Sanz, 2008)

sus alrededores. Este punto es importante porque de acuerdo a la Secretaría de Asuntos Municipales de la Presidencia de la Nación, Argentina, la infraestructura y servicios esenciales para el área urbana incluye no sólo el agua corriente, sistema de red cloacal, sistema de red pluvial, red de energía eléctrica domiciliaria, pavimento, alumbrado público, sino también el transporte público. Los recorridos fueron modificados a fines del año 2019 para que más usuarios puedan utilizarlo y facilitar las conexiones y trasbordos, por lo que se considera que no serán modificados sustancialmente en el corto plazo. Esta es una variable que se presume puede afectar el precio de los terrenos, aunque no se sabe efectivamente cómo es la relación. En el Capítulo IV se analiza las variables que intervienen en la formación de los precios de los terrenos de Luján de Cuyo y las relaciones existentes entre las ellas.

III.3 Datos

Se hizo un relevamiento de los terrenos en venta publicados en diversas inmobiliarias de la Provincia de Mendoza (Adobe, Inmoclick, Zonaprop, Properati), en el periodo octubre 2019 – marzo 2020, momento en el que cerró la recopilación por el comienzo de la cuarentena por la circulación del virus pandémico SARS-CoV2, establecida por el presidente Alberto Fernández en el Decreto 297/2020 el 19 de marzo de 2020. Luego de esto se produjo una contracción del mercado inmobiliario y el objetivo del trabajo no es hacer un análisis de los efectos de la pandemia, sino derivar del precio de las propiedades, el precio implícito de sus características. En la Tabla III.2 se presentan las principales medidas resumen de las variables “Precio” y “Superficie” de los terrenos, expresado en dólares estadounidenses y m^2 , respectivamente. Si bien en Ciudad está la mayor oferta de terrenos (37), corresponden sólo al 4,1% de la superficie total. En contraposición a esto, aquel con mayor superficie involucrada, es en Vistalba.

Tabla III. 2: Estadísticos descriptivos de los terrenos en venta en Luján de Cuyo.

Distrito	Variable	Observaciones	Media	Mínimo	Máximo
Carrodilla	Precio	17	32.705	792	75.000
Carrodilla	Superficie	17	406	163	550
Chacras de Coria	Precio	21	478.604	27.000	5.400.000
Chacras de Coria	Superficie	21	20.652	295	360.000
Ciudad	Precio	37	17.911	5.521	137.203
Ciudad	Superficie	37	302	200	2.700
Las Compuertas	Precio	17	91.477	9.235	1.050.000
Las Compuertas	Superficie	17	13.496	500	210.000
Mayor Drummond	Precio	32	104.563	10.554	2.100.000
Mayor Drummond	Superficie	32	3.692	281	84.000
Vistalba	Precio	24	403.284	20.000	5.600.000
Vistalba	Superficie	24	33.473	200	5.600

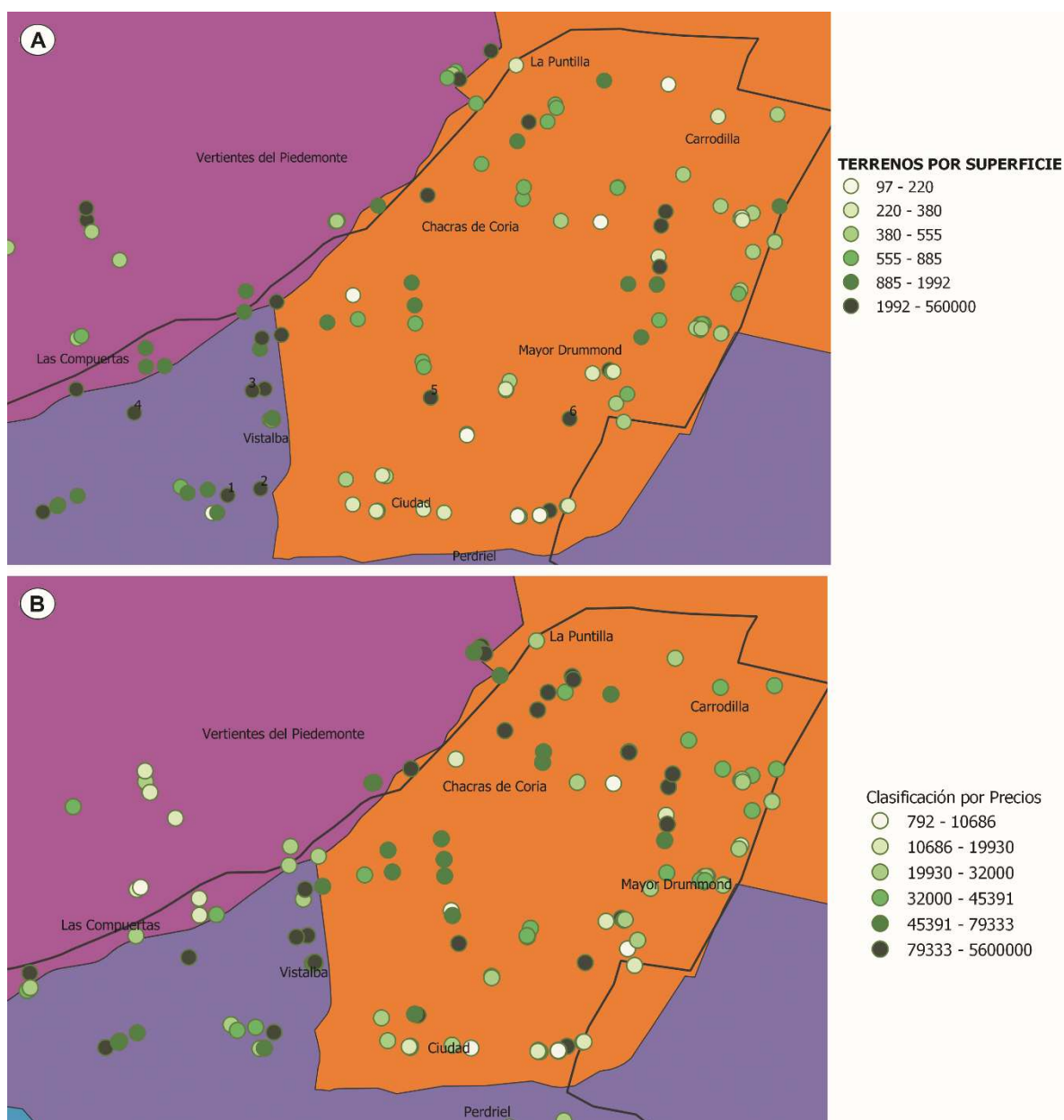
Fuente: Elaboración propia en base a datos obtenidas de las páginas web de las inmobiliarias.

Otros: Agrelo, La Puntilla, Perdriel, Vertientes del Pedemonte

Si bien la búsqueda se centró en el área a urbanizar en Luján de Cuyo, se incluyeron terrenos que no son parte del alcance del estudio, ubicados en la periferia de la zona, para analizar las características del mercado. En la figura III1.A se muestra la distribución geográfica de los terrenos clasificados según su superficie, mostrando que aquellos de mayores dimensiones se encuentran en Vistalba. El distrito “Ciudad” es el que mayor cantidad de lotes en venta tiene, pero con el de menor superficie. En esta zona los lotes se caracterizan por ser baldíos chicos y de características más homogéneas que en el resto del departamento.

Respecto a los precios, en la figura III1.B se clasifican los terrenos de acuerdo a los precios. Preliminarmente, no se observa gran concentración de los precios. Sin embargo, en este capítulo no se realizó un análisis exhaustivo de su comportamiento y las relaciones de dependencia entre las diferentes variables que lo forman, porque ello se estudia en el Capítulo IV.

Figura III. 1: Clasificación de los terrenos por superficie y precio



Fuente: Elaboración propia en base a datos obtenidas de las páginas web de las inmobiliarias

III.4 Caracterización de la oferta de terrenos

El mayor cambio potencial en el uso del suelo se da en los cultivos: la superficie total afectada es 2.179.572 km² ubicados principalmente en Vistalba. El 59% de la superficie cultivada en venta corresponde a este distrito. Los cultivos afectados son principalmente de Vid, aunque hay suelos ocupados por fincas de olivos y frutales con

potencial cambio de uso. En la tabla III.3 y tabla III.4 se exponen las superficies y cantidad de terrenos plausibles de ser urbanizadas, clasificadas según las condiciones actuales del suelo.

Tabla III. 3: Superficie según cambio en el uso del suelo y distrito. Valores expresados en km2.

Suelo Original	Superficie	Cantidad de terrenos
Cultivado	2.179.572	17
Vistalba	1.275.886	6
Otros	538.636	5
Chacras de Coria	360.000	1
Ciudad	2.900	2
Las Compuertas	1.350	1
Carrodilla	800	2
Natural	426.740	59
Las Compuertas	226.490	13
Mayor Drummond	85.086	3
Otros	67.164	12
Vistalba	22.424	12
Chacras de Coria	14.039	11
Carrodilla	10.695	5
Ciudad	842	3
Baldío	87.941	107
Mayor Drummond	45.817	30
Otros	13.834	12
Ciudad	7.433	32
Carrodilla	6.924	16
Vistalba	6.545	9
Las Compuertas	5.085	5
Chacras de Coria	2.303	3
Total general	2.694.253	183

Fuente: Elaboración propia en base a datos obtenidas de las páginas web de las inmobiliarias

A fines de esta tesis, los baldíos hacen referencia a terrenos donde la limpieza y puesta en condicionamiento para la posterior urbanización ya se hizo. Corresponden es su mayoría a lotes ubicados en la trama urbana y a barrios privados en desarrollo, tabla III.4. En estos últimos, la mayor cantidad de terrenos en venta son baldíos, 75. Sin embargo, la mayor superficie ocupada por barrios privados en desarrollo se encuentra sobre suelos cultivados, 50 has, concentrados principalmente en Vistalba. Es decir, que son barrios incipientes que están recién comenzando a desarrollarse.

Tabla III. 4: Terrenos y Superficie según cambio en el uso del suelo y el contexto urbano. Valores expresados en km2.

Suelo Original	Superficie	Cantidad de terrenos
Cultivado	2.179.572	17
Conexo a urbanización	1.0513.50	4
Suelto	627.122	9
B° Privado en Desarrollo	501.100	4
Natural	426.740	59
Suelto	376.590	16
Conexo a urbanización	24.294	13
B° Privado	13.238	15
B° Privado en Desarrollo	8.059	10
Trama Urbana	4.559	5
Baldío	87.941	107
Trama Urbana	39.423	8
B° Privado en Desarrollo	31.862	75
B° Privado	8.685	13
Suelto	6.371	7
Conexo a urbanización	1.600	4
Total Trama Urbana	43.982	13
Total Suelto	1.010.083	32
Total Conexo a urbanización	1.077.244	21
Total B° Privado en Desarrollo	541.021	89
Total B° Privado	21.923	28
Total general	2.694.253	183

Fuente: Elaboración propia en base a datos obtenidas de las páginas web de las inmobiliarias.

Respecto al contexto urbano en el que se encuentran, la mayor superficie corresponde a terrenos conexos a urbanizaciones, entendiéndose como tal a terrenos lindantes a áreas urbanizadas: el 33% se ubica en Vistalba, representando al 65% de la superficie en venta, tabla III.5

Tabla III. 5: Terrenos y superficies según el contexto urbano por distrito.

Contexto urbano	Superficie	Cantidad de terrenos
Conexo a urbanización	1.077.244	21
Vistalba	702.227	7
Chacras de Coria	360.750	2
Las Compuertas	6.390	5
Carrodilla	4.982	3
Otros	2.295	2
Mayor Drummond	600	2
Suelto	1.010.083	32
Otros	600.539	11
Las Compuertas	216.335	6
Vistalba	91.623	5
Mayor Drummond	87.680	2
Chacras de Coria	5.830	3
Carrodilla	5.176	3
Ciudad	2.900	2
B° Privado en Desarrollo	541.021	89
Vistalba	507.045	11
Mayor Drummond	8.747	19
Ciudad	7.488	32
Las Compuertas	6.100	4
Carrodilla	5.689	12
Otros	4.292	9
Chacras de Coria	1.660	2
Trama Urbana	43.982	13
Mayor Drummond	28.110	2
Otros	9.893	3
Chacras de Coria	3.972	3
Las Compuertas	1.000	1
Ciudad	787	3
Carrodilla	220	1
B° Privado	21.923	28
Mayor Drummond	5.766	8
Chacras de Coria	4.130	5
Vistalba	3.960	4
Las Compuertas	3.100	3
Otros	2.615	4
Carrodilla	2.352	4
Total general	2.694.253	183

Fuente: Elaboración propia en base a datos obtenidas de las páginas web de las inmobiliarias.

Pero la expansión urbana no se focaliza sólo sobre el suelo urbano, produciéndose principalmente sobre el área de interfaz urbano rural definida en el PPOT, tabla III.6.

Tabla III. 6: Clasificación del territorio. Medidas resumen.

Suelo	Superficie	Máx	Min	Media	Desv. Est
Interfaz urbano rural	1.352.902	560.000	200	33.784	117.736
Otro	796.940	500.000	468	30.652	104.194
Urbano	544.411	360.000	142	5.000	35.497
Total general	2694253				

Fuente: Elaboración propia en base a datos obtenidas de las páginas web de las inmobiliarias

El área de interfaz urbano rural es una zona con un marcado perfil agrícola sesgado hacia la vid, hortalizas y olivos; ubicados principalmente en Vistalba y Las Compuertas, tabla III.7.

Tabla III. 7: Uso del suelo en Vistalba y Las Compuertas. Año 2015. Valores expresados en has.

Uso del suelo	Vistalba		Las Compuertas	
	Superficie total	Cantidad de parcelas	Superficie total	Cantidad de parcelas
Urbano	5.531.252	68	129.069	55
Vid	4.899.196	191	256.861	123
Hortalizas	3.430.714	156	46.927	44
Olivo	1.245.628	56	14.640	18
Abandonado	953.611	64	94.747	71
Vid/Olivo	371.736	22	3.803	8
Frutales	337.024	17	20.937	10
Bosque	270.564	15	3.837	7
Otros	206.594	16	10.202	7
Natural	103.417	6	58.324	42
Pasturas	26.174	4	5.571	5
Total general	17.375.910	615	644.918	390

Fuente: Instituto de Desarrollo Rural

III.5 Resultados

Al comparar la ubicación de los terrenos en venta con la Ord.14106/2021 se observó que no todos los terrenos se encuentran en zonas donde está permitido construir viviendas residenciales, figura III.2.

Figura III. 2: Zonificación y terrenos en venta en Luján de Cuyo

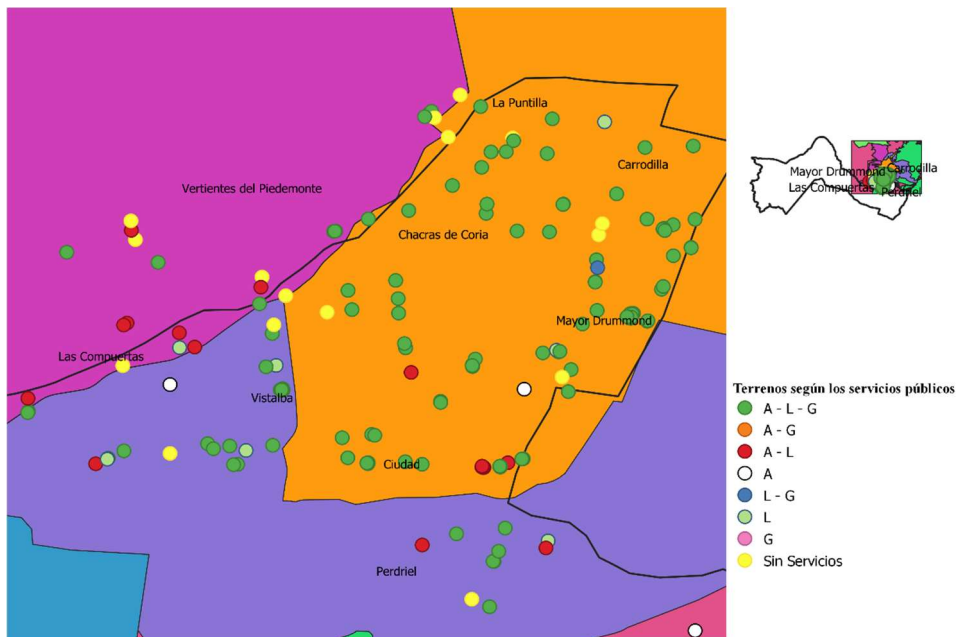


Fuente: Elaboración propia en base al PMOT de Luján de Cuyo

Al analizar los servicios públicos (agua, luz, gas) se detectó que el 86% de los terrenos tienen agua potable y el 89% y el 75% tienen luz y gas respectivamente. Estos terrenos están concentrados principalmente en los distritos Ciudad y Mayor Drummond, lo cual está en línea con el estado del avance y el área delimitada de densificación urbana. En la figura III.3 se puede ver el alcance geográfico, clasificándose los terrenos según los servicios públicos provistos, en las siguientes categorías:

- Agua, luz y gas: A – L – G
- Agua, luz: A – G
- Agua y gas: A – L
- Agua: A
- Luz y gas: L – G
- Luz: L
- Gas: G
- Sin servicios

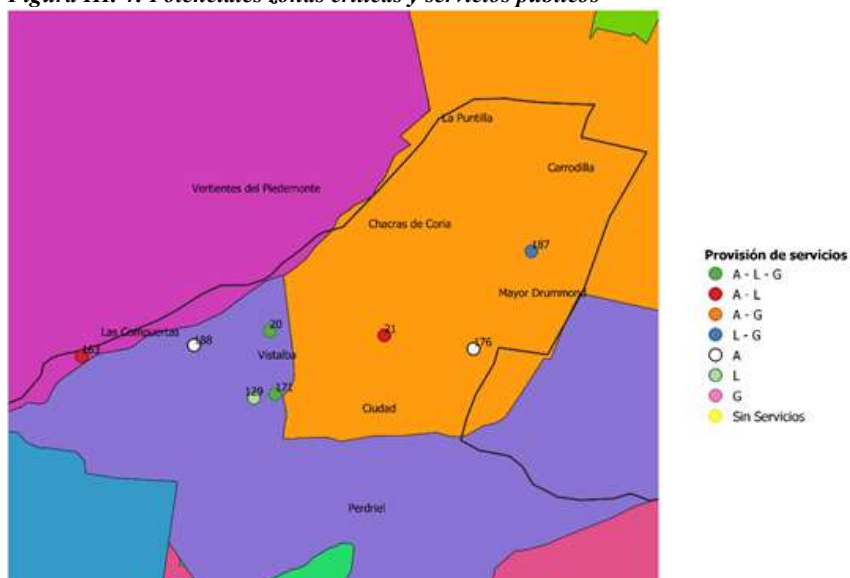
Figura III. 3: Oferta de terrenos en el Área Metropolitana de Luján de Cuyo. Clasificación por servicios públicos



Fuente: Elaboración propia en base a datos obtenidas de las páginas web de las inmobiliarias

El 74% de los lotes cuentan con los servicios de agua, luz y gas y están ubicados principalmente en La Puntilla, Carrodilla, Chacras de Coria, Mayor Drummond y Ciudad, que es el área más urbanizada del Luján de Cuyo. Así mismo, el 9% de los terrenos no tienen ningún servicio y se encuentran distribuidos especialmente entre el Piedemonte y la zona de interfaz urbano rural de Mendoza. En la figura III.4 se muestran los terrenos seleccionados en función de la ubicación y la normativa para la zonificación, clasificados según los servicios públicos con los que cuentan.

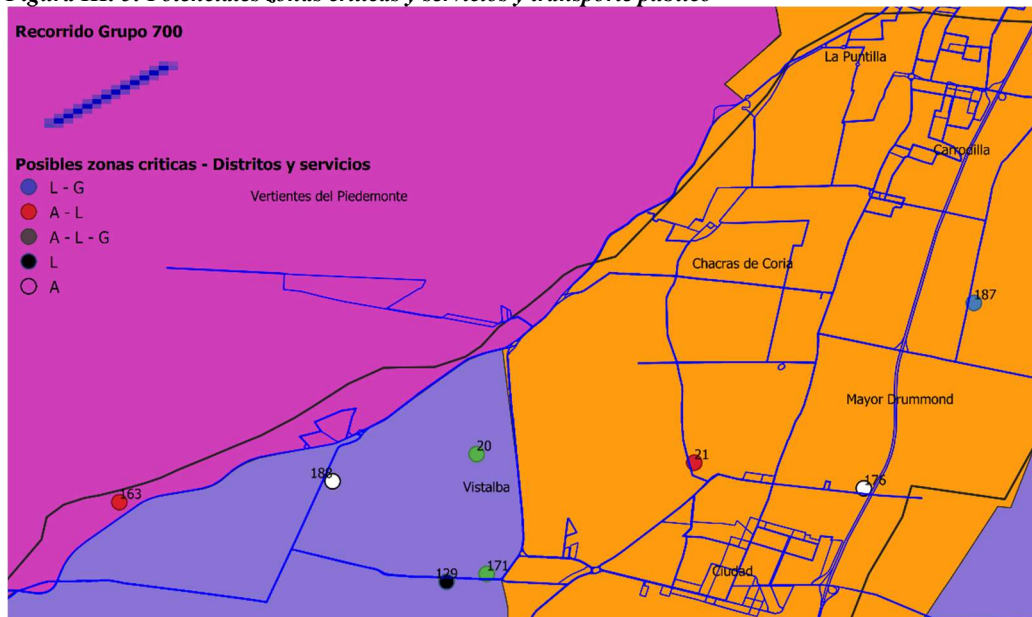
Figura III. 4: Potenciales zonas críticas y servicios públicos



Fuente: Elaboración propia

Se pudo observar que algunos de los terrenos no cumplían con las condiciones para la urbanización: el terreno 183 ubicado en Las Compuertas, si bien cuenta con agua potable y luz, fue descartado como posible caso de estudio por ubicarse en el Piedemonte mendocino. Los otros terrenos en este distrito no tienen la infraestructura necesaria para su inminente urbanización, ya que no están provistos de luz (terreno 188) o agua, como en el caso del terreno 129. La zona en la que se encuentran es área de interfaz urbano rural, lo que refuerza su eliminación, al igual que lo que ocurre con los terrenos 20 y 171. Por esta razón, a pesar de contar con los servicios analizados no serán considerados zona crítica. En cuanto al terreno 176, sólo tiene dotación de agua potable, lo cual no es razón suficiente para descartarlo. Luego, las posibles zonas críticas son los terrenos 21, ubicado en Chacras de Coria y los terrenos 176 y 187, localizados en Mayor Drummond. Pero este último no posee la red de agua potable, por lo que quedó descartado. Entonces, la zona identificada como crítica en el terreno 21. Con la inclusión del transporte público, se vio que el Grupo 700 cumple el recorrido de Luján de Cuyo. Se observa en la figura III.5 que todos los terrenos, salvo el 20, tendrían en primera instancia en mejores condiciones de conectividad.

Figura III. 5: Potenciales zonas críticas y servicios y transporte público



Fuente: Adaptación propia en base a información de Infraestructura de Datos Espaciales Mendoza

Sin embargo, al profundizar sobre cada uno de los recorridos, la situación varía ya que muchos de los recorridos son intra-departamentales acotados o escolares. A partir de esta información y la de los servicios públicos, se identificó como zona crítica

potencialmente urbanizable al terreno 21, ubicado en la calle Viamonte casi esquina Chile, perteneciente a Chacras de Coria, en el límite con Vistalba y Mayor Drummond.

III.6 Caso de estudio

A partir de esta caracterización de la oferta de terrenos en el sector del área metropolitana de Mendoza correspondiente a Luján de Cuyo, se seleccionó como caso de estudio una finca de más de 30 años y superficie de 36 has, cultivada con vid, ubicada en Viamonte casi Chile, Chacras de Coria, Luján de Cuyo (figura III.6).

Para este terreno se proponen dos escenarios de ocupación. En el escenario base, el terreno sigue siendo un viñedo, donde el 90% de la superficie corresponde a plantaciones de vid y el 10% restante a callejones. Luego, se propone un escenario alternativo, donde se simula la urbanización del terreno y se plantea una urbanización de tipo barrial de viviendas destinadas a la residencia permanente, para una familia tipo de 4 personas. El terreno al inicio de la investigación era un cultivo de vid de 36 hectáreas y en los últimos 6 meses (2021-2022) se inició el proceso de urbanización. Este caso de estudio será utilizado en los capítulos de valoración económica de las emisiones de CO₂ y de los impactos ambientales.

Figura III. 6: Caso de estudio



Fuente: elaboración propia

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 ha., en 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 (Ordenanza 14.106/2021), 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. Esto 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 y sus calles de circulación perimetrales, considerando la trama en damero ortogonal característica del trazado urbano de Mendoza. Se dispusieron lotes de 750 m² (superficie mínima de terreno para ZR5), y 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 del 35%. El resto del terreno se destina a espacio verde privado (patios). En el caso del espacio público, se trabajó con cañones de 16m de ancho, según lo establecido en la Ley de loteo o fraccionamiento provincial (Ley 4341). El mismo plantea una calzada de 8m, pavimentada y dos veredas laterales, que según la normativa para esta zona deben mantenerse parqueizadas, con la inclusión del espacio para el arbolado público y servicios. A partir de esto, 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 III.8.

Tabla III. 8: Superficies de cobertura para una hectárea.

Tipo de superficie según sellado	Tipo de cobertura según la superficie	Descripción tipo de cobertura	Descripción caso de estudio	Superficie por hectárea
Superficie no sellada	Vegetación	Espacios Verdes privados	Patios y jardines con vegetación	3.904 m ² (37%)
		Espacios Verdes público	Zonas de servicios y parqueizado veredas	1.304 m ² 12%
Superficie sellada	Materiales impermeables	Pisos y solados	Calzada (Pavimento, ripio)	3.168 m ² 30%
		Huella edificaciones (cubiertas)	Suelo construido	2.096 m ² (20%)

Fuente: Adaptación en base a Zapperi et al. (2020)

Para los cálculos, se utiliza como horizonte de análisis un periodo de 51 años, correspondientes a los 50 años de vida útil de una casa más el año de conversión del suelo, en el que además se supone se construye la vivienda (González Velandia et al., 2019).

Es importante reconocer que la ciudad está intentando expandirse hacia zonas donde está prohibida la lotificación, o que están fuera de la zona propuesta para la densificación de del AMM, según lo planteado en el Plan Provincial de Ordenamiento Territorial de Mendoza, como son las zonas de interfaz urbano rural o el Piedemonte. Hay discrepancias entre la cantidad de lotes en venta y las superficies afectadas, siendo posible distinguir 2 categorías: la primera muestra gran cantidad de lotes, pero de pequeñas dimensiones y otro con pocos lotes pero que abarcan grandes superficies. El primero, ubicado principalmente en Mayor Drummond, Carrodilla y Ciudad corresponde al 51% de la superficie, pero al 6% de la oferta de lotes relevada, en contraposición lo que se da en Vistalba, donde se encuentra el 48% de la superficie y el 15% de los terrenos.

Los suelos afectados en el área de interfaz urbano rural son particularmente cultivos y si bien son sólo el 25% de la oferta total de terrenos en esta zona, representan el 97% de la superficie en venta. Esto evidencia que por lo menos en Luján de Cuyo se están ofreciendo pocas unidades, pero de grandes dimensiones y son los principales candidatos para ser considerados zonas críticas, por lo que se podría inferir que los futuros terrenos a urbanizar son grandes fincas cultivadas o abandonadas.

En base al análisis estadístico se identificó a Vistalba como zona crítica, por lo que era de esperar que el terreno elegido para el caso de estudio esté ubicado en este distrito. Si bien esto no fue así, ya que se encuentra en Chacras de Coria, no fue un resultado incoherente porque está en el límite entre Chacras de Coria y Vistalba. Lo que excluyó al terreno ubicado en Vistalba como zona crítica, fue que está fuera del área a urbanizar estipulado en el PPTO. Lo que ocurre con Vistalba es que en general no cuenta aún con la infraestructura necesaria para el desarrollo urbano. Chacras de Coria por su parte está más avanzado y tiene también grandes terrenos en venta, como el que resultó como caso de estudio, por lo que se podría inferir que la zona crítica está en Vistalba o en los límites entre Vistalba y Chacras de Coria.

**CAPÍTULO IV - UNA PRIMERA
APROXIMACIÓN A LA
VALUACIÓN HEDÓNICA DE LOS
TERRENOS DE LUJÁN DE CUYO,
MENDOZA**

IV.1 Introducción

En el AMM el proceso de urbanización está generando un cambio en el uso del suelo que afecta su configuración. Dado que la oferta de suelos es perfectamente inelástica y que el suelo es el mismo, los mercados de suelo urbano y agrícola comparten y compiten por la oferta de tierra, por lo que los precios están correlacionados y se da un juego de suma cero. Independientemente de esto, la oferta y demanda en ambos mercados difieren, impactando en la evolución de los precios.

Es importante que los tomadores de decisiones tengan herramientas que permitan prever el impacto de las mejoras de la calidad en el precio de la tierra, dado el impacto de los proyectos de urbanización sobre la sociedad, al mejorar la movilidad, la salud, educación y sostenibilidad (Glumac et al., 2019). La urbanización además genera daños ambientales que tampoco son tenidos en cuenta en el desarrollo inmobiliario y planificación urbana. Su internalización, a través de la inclusión 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, o que los agentes responsables de la expansión asuman los costos ambientales. Para esto, un punto importante es comprender el mecanismo de formación de precios de los lotes en venta en el Área Metropolitana de Mendoza que permita identificar la factibilidad de la implementación de un impuesto sobre el cambio en el uso del suelo.

El objetivo del trabajo es conocer cuáles son los atributos que influyen en el precio de los terrenos en el sector del área metropolitana de Mendoza correspondiente a Luján de Cuyo, por ser la principal zona afectada por la expansión urbana. Para esto, se hace un análisis hedónico, mediante la estimación de un modelo de mínimos cuadrados ordinarios (MCO), analizando posteriormente si existe autocorrelación espacial entre el precio de los lotes y si en consecuencia es más adecuado plantear un modelo espacial. Para estimar el modelo espacial se utiliza un enfoque que parte del modelo general de Cliff & Ord (1981) a lo particular (Gets). Las variables que influyen en la fijación de precios que serán analizadas en el trabajo son las características físicas y de localización, el entorno, los servicios educacionales, comerciales, deportivos, culturales y de esparcimiento, institucionales y bancarios, de seguridad, salud, transporte público, espacios verdes, accesos y vías de comunicación.

IV.2 Antecedentes

Existen diversos estudios que aplican técnicas econométricas para hacer una valoración económica del mercado inmobiliario (Conte Grand, 2011; D'Elia et al., 2020; Duque et al., 2011; Glumac et al., 2019; Meloni & Ruiz Nuñez, 2002; Monzani et al., 2020). Algunos de estos trabajos realizan una valoración hedónica de las viviendas: Duque et al. (2011) lo hace sobre el efecto que tiene la cercanía a la estación del metro en San Javier, Medellín. D'Elia et al. (2020) se enfocan en la Ciudad de Buenos Aires y buscan conocer en qué medida la implementación del Metrobus de la calle 9 de julio impacta sobre el valor de las propiedades que se encuentran en los alrededores; este escenario es también utilizado por Conte Grand (2011), pero para estimar el costo ambiental de la contaminación. Además, se destacan los trabajos de Meloni & Ruiz Nuñez (2002), Monzani et al. (2020) y Glumac et al. (2019) por enfocarse en el mercado de lotes. Los primeros analizan mediante el Modelo MCO, los atributos que determinan los precios en el mercado de lotes de San Miguel de Tucumán. Las variables analizadas son el precio, pavimento, cloaca, gas, superficie, ubicación, relación entre cuánto mide el frente y el fondo, zona comercial, zona comercial mixta. La superficie la trabajan en forma lineal y cuadrática. Los autores detectaron que las características con mayor impacto sobre el precio son las relacionadas a la ubicación y que el elevado porcentaje de cobertura de los servicios públicos, que supera el 80%, impide que este sea una característica influyente en el precio de los inmuebles. Además, la inclusión de la forma cuadrática de la superficie reveló que existe un punto a partir del cual el tamaño del terreno impacta en forma positiva en el precio del m^2 .

Monzani et al. (2020) dan un paso más, e incorporan el análisis econométrico espacial. Estudian la relación entre el valor por metro cuadrado de la tierra urbana y el tamaño y medidas de los terrenos, particularmente de la superficie, el frente y el fondo, en base a Fitte & Cervini (1939). Las variables estudiadas son la distancia a las rutas más cercanas, vías principales y secundarias, a zonas de elevado y bajo perfil inmobiliario, tamaño promedio de las edificaciones en el entorno, cantidad total de metros cuadrados baldíos en el entorno sobre la sumatoria de metros cuadrados de lotes, cantidad total de metros cuadrados edificados en el entorno sobre la sumatoria de metros cuadrados de lotes, cantidad total de lotes baldíos en el entorno sobre cantidad total de lotes, el índice de composición biofísica, que permite estimar zonas con superficies consolidadas o sin

consolidar y la cantidad total de píxeles clasificados como construidos sobre la cantidad total de píxeles en un entorno de 500 metros.

Por otra parte, Glumac et al. (2019) incorporan los efectos espaciales que se pueden producir entre los precios de los inmuebles. Construyen un índice nacional de precios hedónicos para el suelo urbano en Luxemburgo, basado en los precios transaccionales junto con características geoespaciales, para el periodo 2010-2014, para monitorear la actividad económica del país. Postulan que no sólo el índice de precios de las viviendas sirve para realizar este monitoreo, sino que dada la alta correlación existente entre el precio de las casas y el de los terrenos, este último también podría utilizarse. El índice es sobre el precio del m^2 y las variables consideradas son la distancia a las rutas, a la parada de colectivo más cercana, el tiempo para llegar a distrito central de negocios en auto, la superficie y forma del terreno, la cercanía a las industrias, la densidad poblacional y la pendiente de los lotes. Encuentran que, si bien los resultados varían año tras año, existe una relación negativa entre el precio por m^2 y la duración en automóvil del viaje al distrito central de negocios y la superficie; lo contrario ocurre con el efecto de la densidad poblacional, la cercanía a las industrias y el grado de edificabilidad de la zona, que afectan en forma positiva.

IV.3 Marco teórico

El método de precios hedónicos se atribuye a Rosen (1974) y permite valorar el precio de un bien a través de sus características. Sostiene que el precio implícito de los diferentes atributos o características de un bien determinado puede ser observado mediante el precio de este último y la cantidad asociada de cada una de estas características. y se calcula a través de un análisis de regresión, donde la variable dependiente es el precio del bien y las independientes son sus características. Esto permite calcular índices de precios hedónicos, bajo el supuesto de que tanto consumidores como vendedores son racionales y maximizan sus beneficios y existe equilibrio en el mercado del bien, por lo que el precio de oferta puede ser utilizado como referencia en el análisis.

Cada bien z se describe mediante n características z_i , objetivamente medidas, de manera tal que $z = f(z_1, z_2, \dots, z_n)$, donde z indica la cantidad de la i -ésima característica

contenida en cada bien, describiéndose así completamente el bien z . De esta manera, el precio z , $P(z)$ se define en función de sus características, por lo que $P(z) = g(P_{z1}, P_{z2}, \dots, P_{zn})$. La estimación del modelo puede realizarse mediante técnicas econométricas convencionales.

En el caso de los terrenos, una de estas características es su ubicación, debiendo ser considerado al hacer el análisis de regresión. Para esto, hay que considerar que todas las cosas están relacionadas entre sí, pero las cosas más próximas en el espacio tienen una relación mayor que las distantes” (Principio de autocorrelación espacial, Ley de Tobler, (Tobler, 2004). Entonces, la propagación de muchos fenómenos en el espacio, hace que sea poco probable que las observaciones sean independientes, violando el supuesto de no correlación entre los términos de error de las observaciones, por la presencia de un efecto de derrame espacial. Cuando esto ocurre, es necesario utilizar técnicas de la econometría espacial, que estudia la interacción espacial, o autocorrelación espacial, y la estructura espacial, o heterogeneidad espacial, en modelos de regresión de corte transversal y datos de panel (Anselin, 1988). En la primera, el valor que toma una variable de interés en un lugar determinado, depende del valor que toma dicha variable en otras ubicaciones. A su vez, (Anselin, 1988) introduce el término rezago espacial para incluir la interacción espacial y enfatizar la similitud con un término de retardo distribuido, en lugar de una transformación espacial, para lo que propone un operador de rezago espacial. Es un vector construido usando un promedio ponderado de valores que toma la variable en regiones vecinas (Lesage & Pace, 2009). La estructura espacial es en cambio, la inestabilidad espacial causada por heteroscedasticidad en el modelo de regresión, o por variabilidad de los coeficientes del modelo y surge cuando se utilizan datos de unidades espaciales muy distintas para explicar un mismo fenómeno, (Vayá Valcarce & Serrano Moreno, 2000). Si esto ocurre, puede trabajarse usando las técnicas econométricas convencionales (Anselin, 2001).

Para el análisis de autocorrelación espacial, el primer paso es, en base a una hipótesis de interacción espacial de las observaciones, construir una matriz de ponderaciones, sabiendo que, al variar esta hipótesis, se modifica la matriz de pesos y los rezagos espaciales resultantes (Herrera & Mur, 2011). Su utilización hace posible medir la interdependencia en una distribución espacial y utilizar métodos formales para probar hipótesis sobre la interdependencia espacial. Además, permite trabajar simultáneamente la interdependencia espacial y las relaciones multidireccionales. La matriz de pesos espaciales W se define de la forma

$$W = \begin{bmatrix} 0 & w_{1,2} & \dots & w_{1,j} & \dots & w_{1,N} \\ w_{2,1} & 0 & \dots & w_{2,j} & \dots & w_{2,N} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \dots & \vdots \\ w_{i,1} & w_{i,2} & \vdots & 0 & \dots & w_{i,N} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ w_{N,1} & w_{N,2} & \vdots & w_{N,j} & \dots & 0 \end{bmatrix}$$

donde los w_{ij} , estocástico y exógenos, representan la interdependencia entre los terrenos i y j .

Existen diversos tipos de matrices de pesos, según la definición de distancia seguida, entre las cuales se encuentra la matriz de pesos según las inversas de las distancias, donde cada elemento w_{ij} es función de la inversa de la distancia entre las observaciones i y j , por lo que la intensidad de la interdependencia entre dos observaciones disminuye a medida que aumenta la distancia que separa sus respectivos centros (Serrano Moreno & Vayá, 2002). Luego, están las matrices según un umbral de distancia d y la de los k vecinos más cercanos. Esta última es la que se sigue en este trabajo. De acuerdo a esto y previo orden ascendente de los vecinos para cada observación, cada w_{ij} se define como

$$w_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{si } d_{ij} \leq d_{ij}^k \\ 0 & \text{si } d_{ij} > d_{ij}^k \end{cases}$$

donde los d_{ij} son distancias euclidianas definidas como

$$d_{ij} = \sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2}. \quad (\text{Ecuación IV.1})$$

Estas matrices pueden utilizarse sin modificaciones o estandarizadas por filas o columnas. La estandarización por filas se obtiene dividiendo cada elemento w_{ij} por la sumatoria de los elementos de la fila i . Una vez definida la matriz, se debe corroborar si existe autocorrelación espacial entre las observaciones, de manera tal que el precio de un lote determinado depende también de las características de los terrenos vecinos.

La autocorrelación espacial se define como la covarianza entre las observaciones de la siguiente manera:

$$\text{Cov}(y_i, y_j) = E(y_i y_j) - E(y_i) \cdot E(y_j) \neq 0, \quad (\text{Ecuación IV.2})$$

Si esto ocurre, en el análisis por Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO), las estimaciones de los β_i son sesgadas e inconsistentes y es necesario recurrir a estadísticos de autocorrelación espacial.

Entre estos estadísticos, se destaca el I de Moran, que captura la dependencia global, es decir, la autocorrelación existente en todo el espacio geográfico (Moran, 1950), Ecuación IV.3.

$$I \text{ de Moran} = \frac{n}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij}} \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} * (p_i - \bar{p}) * (p_j - \bar{p})}{\sum (p_i - \bar{p})^2} \quad (\text{Ecuación IV.3})$$

La hipótesis nula del I de Moran es la no existencia de dependencia espacial, aunque la hipótesis alternativa no especifica un modelo alternativo, lo que es su principal desventaja. Entonces, para estimar los posibles modelos alternativos, hay que analizar la distribución de los residuos de la estimación por MCO, usando la matriz de pesos espaciales W previamente definida.

El modelo general del que derivan todos los modelos, es el de Cliff y Ord (1981) y es de la forma

$$y = \rho W_1 * y + X\beta + W_2 * X * \gamma + u, \quad \text{siendo } u = \theta W_3 * u + \varepsilon \quad (\text{Ecuación IV.4})$$

siendo W definida en (1) y un vector $X_{(n \times k)}$ de variables independientes.

El parámetro ρ es el coeficiente de rezago espacial, θ es el coeficiente de autocorrelación espacial de los errores y γ son los coeficientes espaciales de dependencia local, es decir, que γ captura el efecto espacial de las variables explicativas de los vecinos de cada observación (Herrera, 2018). De esta manera, ρW_1 representa el efecto de interacción espacial endógeno o sustantivo, W_2 son los efectos de interacción espacial exógenos y W_3 es el efecto de interacción espacial en el término de error o efecto espacial residual.

Luego, la selección del modelo espacial se puede hacer mediante dos enfoques: de lo general a lo particular (Gets), o caso contrario, de lo particular a lo general (Stge). Si se aplica el enfoque Gets, se parte de un modelo general, coherente con los datos y fundamentado desde la teoría y se aplican restricciones sobre los diferentes parámetros, obteniendo diferentes modelos restringidos, anidados en el modelo más general. Luego, se comparan el modelo no restringido y el restringido, mediante un test sobre el ratio de logverosimilitud: partiendo del modelo general de Cliff y Ord, se puede obtener modelos mixtos más simples, dependiendo de los valores que tomen los coeficientes ρ , θ y γ : el

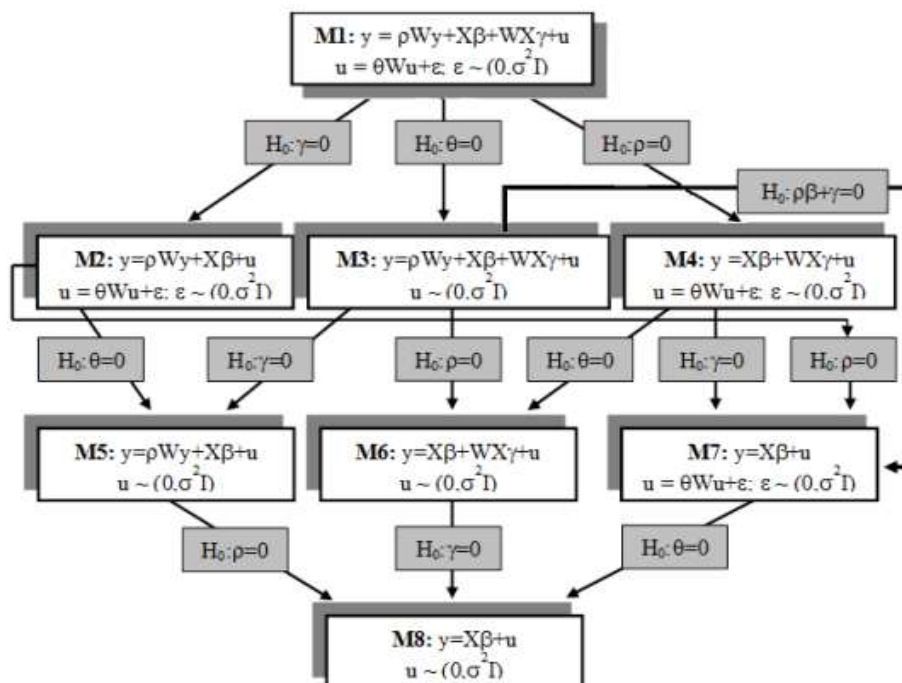
primero de estos se obtiene por maximización sobre todo el espacio de los parámetros, Gráfico 1. Luego, la selección preliminar de los modelos se realiza calculando los LR Test, que evalúan la bondad de ajuste de dos modelos que compiten entre sí, uno no restringido, en el que, ρ , γ y θ son diferentes a cero y otro restringido en el que alguno de los parámetros es igual a cero. La hipótesis nula (H_0) de los LR Test es que el modelo restringido se ajusta mejor que el modelo no restringido, es decir, que ρ , γ o θ es igual, según sean los modelos analizados. La hipótesis alternativa (H_1) indica que el modelo no restringido se ajusta mejor a los datos. Siendo $\log L_{\text{Restringido}}$ la logverosimilitud del modelo restringido y $\log L_{\text{NoRestringido}}$ la del no restringido, el LR Test se calcula mediante la Ecuación IV.5 (Elhorst, 2014):

$$\text{LR Test} = -2 * (\log L_{\text{Restringido}} - \log L_{\text{NoRestringido}}) \sim \chi^2_k \quad (\text{Ecuación IV.5})$$

donde k es la cantidad de restricciones del modelo.

Una vez calculado el LR Test, se calcula el P-valor su P-valor para una distribución χ^2_k . Si el P-valor es mayor a 0,05 no se rechaza H_0 por lo que el modelo restringido es mejor que el modelo no restringido.

Figura IV. 1: Modelos espaciales



Fuente: Herrera et al. (2012), página 14

- Modelo SARAR (M2), si $\gamma = 0$, $\rho \neq 0$, $\theta \neq 0$. La principal característica es que hay rezago espacial en la variable dependiente y error espacial.

- Si en cambio $\gamma \neq 0$, $\rho \neq 0$ y $\theta = 0$, ese obtiene un Spatial Durbin Model, SDM (M3), donde hay rezago espacial en la variable dependiente y el vector de variables independientes.
- Spatial Durbin Error Model, SDEM (M4), cuando $\gamma \neq 0$, $\rho = 0$ y $\theta \neq 0$. En este caso, el rezago espacial se encuentra en el vector de variables independiente y hay un error espacial.
- Si $\gamma = 0$, $\rho \neq 0$, $\theta = 0$, hay rezago sólo en la variable dependiente y es un Spatial Lag Model, SLM (M5)
- Si $\gamma \neq 0$, $\rho = 0$, $\theta = 0$, hay rezago espacial en el vector de variables independientes y es un Spatial lag model en X, SLX (M6)
- Si $\gamma = 0$, $\rho = 0$, $\theta \neq 0$, se obtiene un Spacial Error Model, SEM (M7)
- Por último, si $\gamma = 0$, $\rho = 0$, $\theta = 0$, no existe ni rezago y error espacial, por lo que el modelo se puede estimar con MCO.

Por el contrario, si se utiliza la estrategia Stge, se parte del modelo más simple, el MCO y se realizan diferentes pruebas de hipótesis para analizar si se debe ampliar el modelo (Mur & Angulo, 2009).

Dependiendo del enfoque utilizado, se pueden aplicar 3 test para la selección del modelo: a) el Ratio de Logverosimilitud (LR Test); b) test basados en el multiplicador de Lagrange (LM Test); c) el Test de Wald (Lesage & Pace, 2009). A diferencia de lo que ocurre cuando se aplican los LM Test, tanto el LR Test como el Test de Wald siguen la estrategia Gets y requieren que se plantee un modelo alternativo, muchas veces complejo de estimar, por lo que los LM Test son ampliamente utilizados.

Como se mencionó previamente, la selección de la matriz de pesos espaciales está estrechamente relacionada con la selección del modelo porque diferentes matrices generan diferentes rezagos espaciales en las variables o los errores espaciales (Herrera & Mur, 2011). En consecuencia, al finalizar el análisis, es necesario corroborar la robustez de los resultados por el cambio en la matriz utilizada.

IV.4 Metodología

Siguiendo a Rosen, 1974, se parte del supuesto consumidores como vendedores son racionales y maximizan sus beneficios y existe equilibrio en el mercado del bien, por lo que el precio de oferta puede ser utilizado como referencia en el análisis.

Se comenzó con el análisis de los datos para determinar si existen valores atípicos o outliers, luego se hizo la especificación del modelo inicial mediante el método de Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO) y finalmente el análisis espacial.

IV.4.1 Detección de outliers

En primer lugar, se verificó si existen valores extremos en los precios de los terrenos, o outliers, mediante el diagrama de caja, con un bigote de 1,5 a partir del cual los valores de las observaciones se consideran atípicos⁵. Luego, se exploró la distribución espacial de estas observaciones mediante un cartograma y el Indicador Local de Asociación Espacial (mapa LISA), (Anselin et al., 2006) para saber si en caso de existir valores extremos, son outliers o pertenecen a clusters o agrupamientos.

En base a la información relevada se crearon variables dummy para capturar el diferencial de precio según el distrito en el que se encuentra, si tiene por lo menos un servicio público, si se encuentra en un barrio cerrado⁶, si es baldío y si está ubicado en una zona urbana. Se incluyeron también, variables que captan los efectos sobre el precio de un km de distancia adicional entre los terrenos y diferentes características que hacen a la infraestructura y accesibilidad de los terrenos. Estas distancias fueron calculadas utilizando el Software QGis 3.6.

⁵ El bigote es el rango de datos menor que el primer cuartil y mayor que el tercero. Cada uno contiene el 25% de los datos. Normalmente, los bigotes no pueden ser más de 1,5 veces el rango intercuartílico, lo que establece el umbral para los valores atípicos, (Acuna & Rodríguez, 2004).

⁶ El Plan Municipal de Ordenamiento Territorial de Luján de Cuyo, define a los barrios cerrados como “todo complejo urbanístico destinado a uso residencial con posible combinación de espacios asignados al esparcimiento y/o deportes y en donde se solicite control de acceso al mismo”.

IV.4.2 Selección de las variables de la regresión

La selección de las variables a incluir en la regresión por MCO se hizo partiendo de un Análisis de Componentes Principales (ACP), que permite describir y representar los datos en términos de nuevas variables o componentes no correlacionadas (CP). Cada componente principal es una nueva variable que resulta de la combinación lineal de las variables independientes que conforman el vector $X_{(n \times k)}$ de la ecuación IV.4. Estas CP pueden representarse en ejes del espacio. Luego se ordenan estas nuevas variables de mayor a menor según la varianza original que describen. Estas representaciones sólo son fiables cuando la suma de los porcentajes de variabilidad asociados a los ejes del espacio de representación es lo suficientemente alta. Si este porcentaje es alto (por ejemplo, el 80%), se puede considerar que la representación es fiable. De esta manera se reduce la dimensión de los datos, al incluir las CP y no las variables originales que son más (Balzarini et al., 2008)

Se complementó el análisis con el cálculo de las correlaciones parciales entre las variables estudiadas para no incluir aquellas que estén fuertemente correlacionadas.

IV.4.3 Especificación del modelo inicial

Considerando las variables seleccionadas, se estimaron diferentes modelos por el método de Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO) y la selección del modelo se hizo comparando el Criterio de Información de Akaike (AIC), de los modelos alternativos analizados. El AIC es una medida de bondad de ajuste de un modelo estadístico, que no es una prueba de hipótesis, sino que se utiliza para comprar modelos que compiten entre sí, eligiéndose el modelo con menor AIC. Se calcula mediante la ecuación IV.6

$$AIC = 2*k - 2*\ln(L) \quad (\text{Ecuación IV.6})$$

Siendo k el número de parámetros del modelo y $\ln(L)$ la función de logverosimilitud del modelo.

Finalmente, se analizó el comportamiento de los residuos de las observaciones para saber si son homoscedásticos y se estimó el Factor de Inflación de la Varianza (FIV), que en el análisis de regresión MCO cuantifica la intensidad de la multicolinealidad y

mide hasta qué punto la varianza de cada coeficiente estimado aumenta por la colinealidad entre las variables.

IV.4.4 Análisis espacial

Una vez obtenido el modelo MCO, se analizó la dependencia espacial, mediante el Test I de Moran. A continuación, siguiendo la estrategia de lo general a lo particular, se estimó el modelo espacial general de Cliff & Ord y posteriormente se aplicaron restricciones sobre los parámetros ($\gamma=0$, $\theta=0$ o $\rho=0$), obteniendo los modelos restringidos SARAR, SDM y SDEM, respectivamente y se calcularon los LR Test. En base a estos test se seleccionaron modelos y en caso descartar el modelo de Cliff & Ord, partiendo de los modelos SARAR SDM y/o SDEM, se impusieron nuevamente las restricciones previas, obteniendo los modelos SLM, SEM y SLX y se volvieron a calcular los LR Test⁷. Con estos test se obtuvo el modelo final.

Para el análisis, se construyó la matriz W4nn de los 4 vecinos más cercanos, no estandarizada. Si bien se pueden utilizar diferentes matrices de pesos espaciales W para rezagar la variable independiente, las variables dependientes las X_i y el término de error ε (LeSage & Pace, 2009), se utilizó la misma. La elección de la matriz condiciona los resultados espaciales obtenidos, por lo que se chequeó la robustez de la selección de la matriz. Para esto, se compararon los resultados con los que se hubieran obtenido utilizando otra matriz, W_alternativa. Esta matriz, binaria y estandarizada, considera vecino a los terrenos que se encuentran a una distancia no mayor a 995 mts, donde la distancia es euclidiana, de forma tal que

$$d_{ij} = \sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2} \quad (\text{Ecuación IV.7})$$

Entonces,

$$w_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{si } d_{ij} \leq 995 \\ 0, & \text{si } d_{ij} > 995 \end{cases}$$

⁷ Los modelos con rezago espacial variables explicativas, incluyen el rezago sólo en la variable "BarrioCerrado".

Se usó esta distancia por ser la mínima distancia en la que todos los terrenos tienen por lo menos un vecino.

Por último, se calcularon los efectos marginales de cada variable para determinar el efecto de cambios en las variables sobre el precio de los terrenos.

IV.5 Datos

Se realizó un relevamiento del precio de los terrenos en venta en el sector del área metropolitana de Mendoza correspondiente a Luján de Cuyo, expresados en dólares estadounidenses (USD), y sus principales características, publicados entre junio de 2019 y febrero de 2020 en diversas inmobiliarias de la Provincia de Mendoza (Adobe, Inmoclick, Zonaprop, Properati) y se confeccionó una base de datos de 159 lotes distribuidos por Luján de Cuyo. Esta información fue georeferenciada en QGis y se cruzó con diferentes bases de datos. Es importante destacar que estos son valores previos al comienzo del aislamiento obligatorio por la circulación del virus pandémico SARS-CoV2, establecido por el Decreto 297/2020 el 19 de marzo de 2020. Se cortó allí la recopilación de información ya que se trató de un momento muy particular en el que se produjo una contracción del mercado inmobiliario así que no es representativo. Además, no se justifica incluirlo ya que el objetivo del trabajo no es hacer un análisis de los efectos de la pandemia. En la tabla VI.1 se resumen las variables incluidas.

Tabla IV. 1: Variables independientes consideradas

Características Físicas	Detalle	Fuente
Superficie	En mt ²	Páginas web de las inmobiliarias (Adobe, Inmoclick, Zonaprop, Properati)
Servicios Públicos	Provisión de luz, agua, gas y/o cloacas	
Características de Localización		
DistCiclovías	Km a la ciclovía más cercana	Infraestructura Datos Espaciales Mendoza
DistColegios	Km al colegio más cercano	
DistEspVerdes	Km al espacio verde más cercano	Infraestructura Datos Espaciales Mendoza
DistRutas	Km a la ruta más cercana	
DistCentrosdeSalud	Km al centro de salud más cercano	Páginas web de las inmobiliarias Plan Provincial de Ordenamiento Territorial
DistParadasdeMicro	Km a la parada de micro más cercana	
Distrito	Carrodilla	Páginas web de las inmobiliarias Plan Provincial de Ordenamiento Territorial
	Chacras de Coria	
	Ciudad	
	Mayor Drummond	
	Otros*	
Contexto	Vistalba	Páginas web de las inmobiliarias
	Las Compuertas	
	BarrioCerrado	
Suelo	Acceso Público	Plan Provincial de Ordenamiento Territorial
	Urbano	
	Interfaz urbano rural	Páginas web de las inmobiliarias
	Rural	
Estado original	Baldío	Páginas web de las inmobiliarias
	Natural	
	Cultivo	

Fuente: Elaboración propia

*Otros: La Puntilla, zona norte de Perdiel, Vertientes del Piedemonte. PPTO: Plan Provincial de Ordenamiento Territorial

La oferta de terrenos en el área analizada se caracteriza por una gran heterogeneidad en precios, superficie. La tabla IV.2 reporta las estadísticas descriptivas de las principales variables analizadas.

Tabla IV. 2: Estadísticas descriptivas de las variables

Variable	Media	Error Estándar	Mínimo	Máximo	Unidad de medida
Precio	165.962	675.111	792	5.600.000	US \$ mt ²
Superficie	10.179	56.327	163	560.000	
DistCiclovias	1,146	0,927	0,010	4,549	
DistColegios	1,340	0,996	0,058	5,372	
DistEspcVerdes	1,489	1,406	0,088	5,718	km
DistParada	0,365	0,410	0,020	2,850	
DistCentroSalud	2,029	1,311	0,036	8,974	
DistRutas	0,440	0,603	0,018	3,145	
BarrioCerrado	66%	0,475	0	1	
Luz	89%	0,309	0	1	
Agua	87%	0,339	0	1	
Gas	77%	0,423	0	1	
Cloacas	72%	0,448	0	1	
ServPublicos	92%	0,274	0	1	
Natural	31%				Dummy=1 si la variable es la definida en la tabla y cero en caso contrario
Nourbano	72%				
NoBaldio	38%				
Carrodilla	11%				
ChacrasdeCoria	13%				
Ciudad	23%				
LasCompuer	11%				
MayorDrumm	20%				
Vistalba	15%				
Otros	7%				

Fuente: Elaboración propia

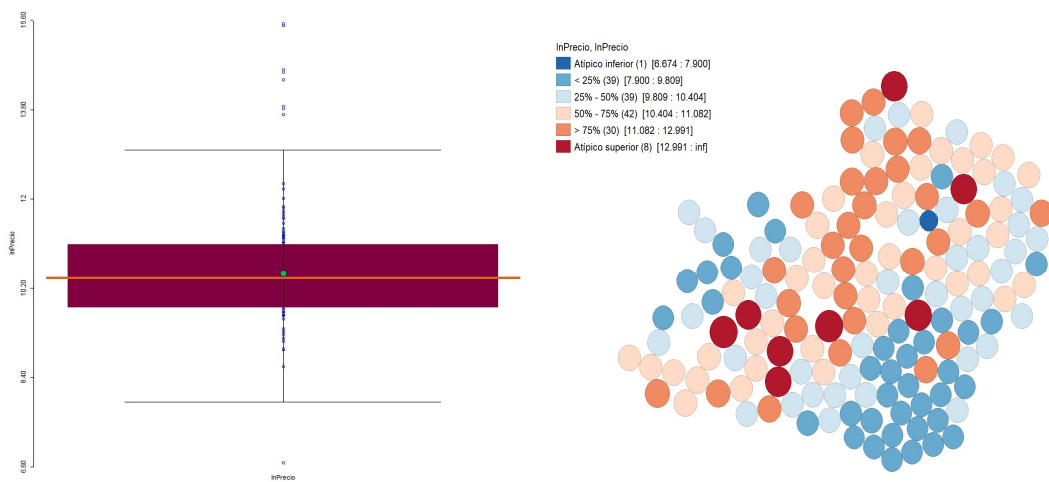
Nota: La variable “ServPublicos”, que incluye luz, agua, gas y cloacas, vale cero si no cuenta con ningún servicio público y uno en caso contrario

El 91,8% de los terrenos en venta tiene por lo menos uno de estos servicios, pero estos valores cambian cuando se analiza cada servicio en particular: el 89% de los hogares tiene provisión de luz, mientras que el 86%, 77% y 72%, de agua, gas y cloacas respectivamente.

IV.5.1 Outliers

Usando el diagrama de caja, se detectaron valores atípicos inferiores y superiores y con el cartograma y el Indicador Local de Asociación Espacial (mapa LISA) se pudo determinar en base a los vecinos, que no son parte de ningún agrupamiento, por lo que deben ser tratados como valores atípicos o outliers espaciales, figura IV.2.

Figura IV. 2: Outliers del lnPrecio



Fuente: Elaboración propia en base a las páginas web de las inmobiliarias

Siguiendo a Norton & Gómez Herrera (2020), estas observaciones atípicas fueron identificadas con variables binarias: DummyAlto para señalar los valores atípicos superiores y DummyBajo los inferiores.

IV.5.2 Variables incluidas en la regresión

El análisis de correlaciones parciales, permitió detectar que muchas variables están fuertemente correlacionadas, con coeficientes de correlación superiores a 0,5 y en algunos casos a 0,6 (tabla IV.3).

Tabla IV. 3: Correlaciones parciales de las distancias

	DistCentro	DistCiclov	DistColegios	DistEspcVe	DistRutas	DistParadas
DistCentro	1,000					
DistCiclov	0,479	1,000				
DistColegios	0,697	0,665	1,000			
DistEspcVe	0,666	0,727	0,612	1,000		
DistRutas	0,415	0,529	0,658	0,399	1,000	
DistParadas	0,448	0,589	0,656	0,465	0,682	1,000

Fuente: Elaboración propia

Para amortiguar esto, se redefinieron las distancias y se reemplazaron por sus logaritmos naturales. La ventaja de utilizar logaritmos naturales en las regresiones es que reduce la cantidad de observaciones atípicas, al acortar el rango de las variables. Esto impacta en la sensibilidad de las estimaciones frente a los valores atípicos, brindando estabilidad a los regresores. Además, genera diferentes visiones de las estimaciones, ya que los coeficientes obtenidos son tasas de variación (Economipedia, 2022).

El análisis de correlaciones parciales de las nuevas distancias muestra que siguen existiendo correlaciones fuertes⁸, pero en menor medida y cantidad. (tabla 4). Un ejemplo es la relación entre la distancia a los centros de salud y los espacios verdes o los colegios, que tienen coeficientes de correlación superiores a 0,5 (0,74 y 0,55 respectivamente). Aunque con menos intensidad, la distancia a los espacios verdes y los colegios también está correlacionada (0,49), tabla IV.4.

Tabla IV. 4: Correlaciones parciales de las distancias. Logaritmos naturales

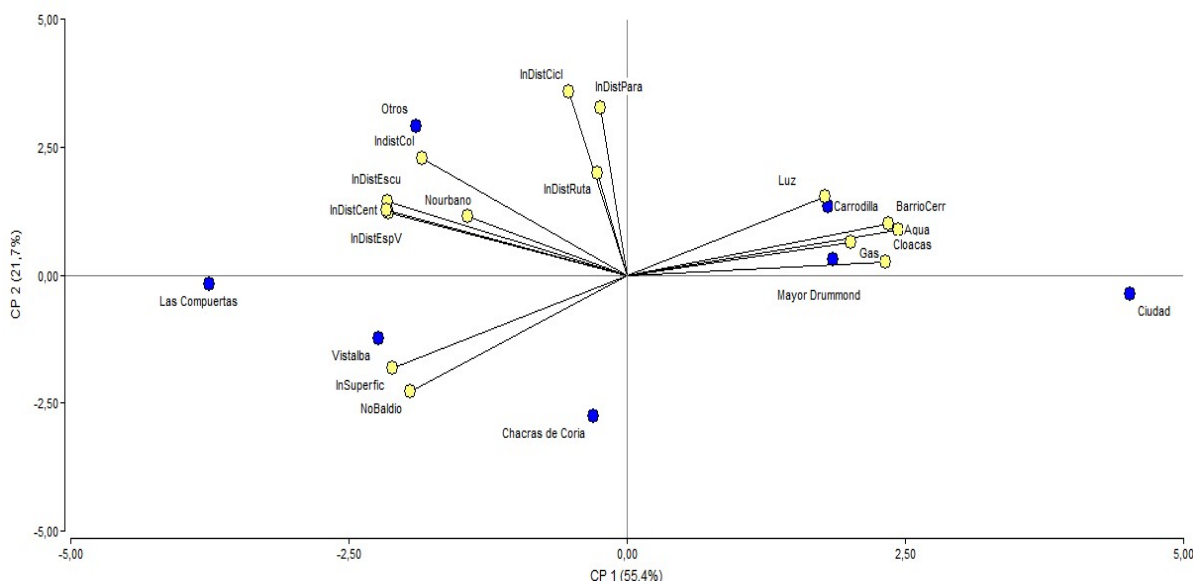
	lnDistCSalud	lnDistCiclovias	lnDistColegios	lnDistEspV	lnDistRuta	lnDistParadas
lnDistCSalud	1,000					
lnDistCiclovias	0,201	1,000				
lnDistColegios	0,551	0,356	1,000			
lnDistEspV	0,743	0,430	0,493	1,000		
lnDistRuta	0,180	0,059	0,326	0,175	1,000	
lnDistParadas	0,168	0,474	0,398	0,116	0,333	1,000

Fuente: Elaboración propia

Luego, el ACP permitió mejorar el entendimiento del comportamiento de las variables (Gráfico IV.1).

⁸ Las correlaciones fuertes son aquellas con coeficientes de correlación superiores a 0,5 (<https://www.cimec.es/coeficiente-correlacion-pearson/>).

Gráfico IV. 1: Análisis de componente principales



Fuente: Elaboración propia

Se construyeron 2 componentes principales, CP₁ y CP₂. La primera componente (CP₁), separa a Carrodilla, Mayor Drummond y Ciudad, del resto de los distritos y muestra que la mayor variabilidad en la disponibilidad de infraestructura urbana y servicios públicos se explica por la ubicación geográfica. De esta manera, se podría inferir que la red de servicios públicos no alcanza a todo el sector del área metropolitana de Mendoza correspondiente a Luján de Cuyo, sino que está concentrada en sus centros urbanos. Los terrenos que gozan de derecho de riego y de grandes superficies están ubicados en Chacras de Coria y Vistaalba, distritos que se caracterizan justamente por terrenos de mayores dimensiones, que gozan de derecho de riego. Generalmente son cultivos, aunque se observan casos de terrenos con cobertura natural, en contraposición con Mayor Drummond y Carrodilla, donde hay mayor cobertura de servicios públicos y concentración de barrios cerrados.

Se observa además, una relación positiva entre la cercanía a los centros de salud y los espacios verdes, es decir, que los terrenos más alejados a los espacios verdes, en general también lo estarán a los centros de salud. Estas variables están también asociadas a ubicaciones fuera de la zona urbana. Los distritos dentro de la clasificación “Otros” se caracterizan por escasa accesibilidad, incipientes infraestructura urbana y provisión de servicios públicos, y terrenos chicos. Esta componente indica, además, que los terrenos en general, no se encuentran alejados de las paradas del transporte público ni de la red de

ciclovías. Esto estaría relacionado al rediseño que tuvo en diciembre de 2019 el recorrido de colectivos, mediante la implementación del MendoTran, que junto a la red de ciclovías van acompañando la expansión urbana, no sólo en Luján de Cuyo, sino que en toda el Área Metropolitana de Mendoza.

La segunda componente (CP 2), refuerza las relaciones observadas con la primera componente. Las dos componentes juntas, explican el 77,1% de la variabilidad de las observaciones. Por ser un valor cercano al 80%, es fiable describir los datos en base a las CP₁ y CP₂.

Entonces, en base al ACP y la matriz de autocorrelación espacial, las variables que se incluyen en el modelo son los logaritmos naturales de la superficie y las distancias entre los terrenos y las rutas, espacios verdes, colegios y paradas de transporte público más cercanas, si está ubicado en zona no urbana, si cuenta con por lo menos un servicio público, si se encuentra en un barrio cerrado y el distrito en el que se encuentra. Además, se incluye los valores outliers detectados.

IV.6 Resultados

En esta sección se presentan los principales resultados de las estimaciones. Dada la decisión de considerar las distancias en forma logarítmica, los modelos que inicialmente se analizaron son el modelo LINLOG ($y = \sum_{i=0}^n \beta_i * \ln x_i$) y LOGLOG ($\ln y = \sum_{i=0}^n \beta_i * \ln x_i$). En la tabla IV.5, se muestran los β_i estimados con cada modelo.

Tabla IV. 5: Resultados de las estimaciones por MCO

Variable	LOGLOG	LINLOG
lnSuperficie	0,732***	4,4e+05***
Servpublicos	0,249*	1,30E+05
lnDistEspV	-0,189***	-9,6e+04*
IndistColegios	-0,313***	5,70E+04
lnDistRuta	0,009	-2,70E+04
lnDistParadas	0,065	-5,80E+03
Nourbano	0,518***	1,70E+05
BarrioCerrado	0,134	1,30E+05
Carrodilla	-0,410**	2,90E+04
Ciudad	-1,308***	1,40E+05
LasCompuertas	-1,013***	-3,7e+05**
MayorDrummond	-0,891***	-1,10E+05
Otros	-0,27	-1,00E+05
Vistalba	-0,666***	-3,7e+05**
DummyBaja	-3,607***	2,70E+05
Constante	5,818***	-3,0e+06***
Estadísticos		
AIC	3541,85	4586,4
Referencias:	* p<0,1	** p<0,05
		*** p<0,01

Fuente: Elaboración propia

La estimación por MCO llevó a un modelo LOGLOG, por ser el de menor AIC.⁹ La ventaja de esta forma funcional es que, al usar tasas de variación, suaviza el rango de variación tanto de la variable dependiente como de las independientes. Además, de esta manera, los coeficientes β_i obtenidos son elasticidades.

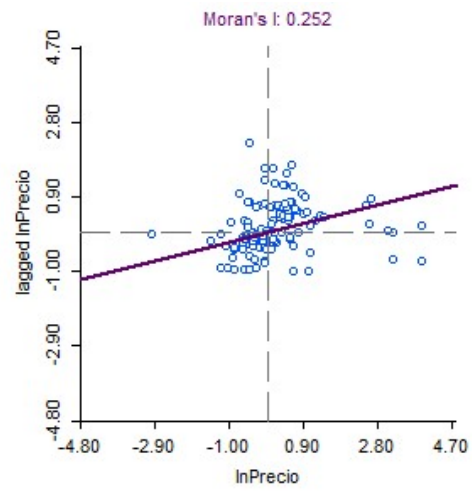
Según los test de White y Cameron & Trivedi, los residuos de la regresión son heteroscedásticos, los p-valor son 0,0017 y 0.0062, respectivamente. Además, el análisis FIV indica que la multicolinealidad no afecta la varianza de los coeficientes del modelo.

IV.6.1 Análisis espacial

El Estadístico I de Moran indica que existe autocorrelación espacial en el modelo, significativa al 1%, por lo que el modelo no puede ser estimado mediante MCO, gráfico IV.2.

⁹ Para hacer que los AIC sean comparables entre los diferentes modelos se utilizó la distribución de probabilidad log-normal en lugar de la distribución normal para la variable independiente en el modelo LOGLOG (ver, (Burnham & Anderson, 2002).

Gráfico IV. 2: Estadístico I de Moran del lnPrecio



Nota: p-value: 0.000

Fuente: Elaboración propia

Partiendo del modelo general del Cliff & Ord e imponiendo restricciones sobre los parámetros γ , ρ y θ se obtienen los modelos M2 a M4 resumidos en la tabla IV.6.

Tabla IV. 6: Resultados de los modelos espaciales analizados

Variable	CLIFF&ORD	SARAR	SDM	SDEM
lnPrecio				
lnSuperficie	0,719***	0,742***	0,725***	0,721***
Servpublicos	0,113	0,275**	0,067	0,155
lnDistEspV	-0,189***	-0,169***	-0,189***	-0,207***
lnDistColegios	-0,201***	-0,279***	-0,178***	-0,245***
lnDistRuta	-0,010	-0,027	0,011	0,015
lnDistParadas	0,017	0,067	0,016	0,017
Nourbano	0,436***	0,474***	0,421***	0,483***
BarrioCerrado	-0,109	0,173**	-0,106	-0,111
Carrodilla	-0,269**	-0,175	-0,396***	-0,438***
Ciudad	-1,074***	-0,956***	-1,145***	-1,427***
LasCompuer	-0,737***	-0,969***	-0,740***	-0,752***
MayorDrumm	-0,673***	-0,731***	-0,699***	-0,838***
Otros	-0,106	-0,200	-0,120	-0,155
Vistalba	-0,573***	-0,665***	-0,557***	-0,548***
DummyBaja	-3,983***	-4,000***	-3,665***	-3,755***
Constante	3,473***	3,282***	4,146***	5,513***
W				
wx_BarrioCerrado	0,171***		0,191***	0,194***
lnPrecio	0,048***	0,054***	0,033**	
e.lnPrecio	-0,129***	-0,115**		-0,062
var(e.lnPrecio)	0,135***	0,155***	0,148***	0,150***
Estadísticos				
AIC	180,30	199,98	186,21	189,34
Referencias:	*p<0,1	**p<0,05	***p<0,01	

Fuente: Elaboración propia

Los LR Test (tabla IV.7) indican que ajusta mejor los datos un modelo Cliff & Ord que los modelos SARAR, SDM y SDEM: los P-valor son menores a 0,05, por lo que las hipótesis nulas de los respectivos test son rechazadas y los coeficientes son estadísticamente significativos.

Tabla IV. 7: Selección de modelo. Cliff & Ord vs modelos restringidos

LR TEST	H₀	LR Chi-Cuadrado	P-valor
CLIFF_ORD/SARAR	$\gamma = 0$	21.69	0,000
CLIFF_ORD/SDM	$\rho = 0$	7.91	0,000
CLIFF_ORD/SDEM	$\theta = 0$	11.04	0.005

Fuente: Elaboración propia

De esta manera, el modelo seleccionado es el CLIFF&ORD, con rezago en la variable dependiente, en la independiente “BarrioCerrado” y en los residuos. En este modelo el precio de los lotes vecinos, afectan de manera positiva el precio de un terreno en particular, al igual que la cercanía a un barrio cerrado. La tabla IV.8 compara los resultados del modelo CLIFF&ORD con los obtenidos bajo MCO.

Tabla IV. 8: Resultados obtenidos bajo MCO y CLIFF&ORD

Variable	CLIFF&ORD	MCO	
lnPrecio			
lnSuperficie	0,719***	0,732***	
Servpublicos	0,113	0,249*	
lnDistEspV	-0,189***	-0,189***	
lnDistColegios	-0,201***	-0,313***	
lnDistRuta	-0,010	0,009	
lnDistParadas	0,017	0,065	
Nourbano	0,436***	0,518***	
BarrioCerrado	-0,109	0,134	
Carrodilla	-0,269**	-0,410***	
Ciudad	-1,074***	-1,308***	
LasCompuertas	-0,737***	-1,013***	
MayorDrummond	-0,673***	-0,891***	
Otros	-0,106	-0,270	
Vistalba	-0,573***	-0,666***	
DummyBaja	-3,983***	-3,607***	
Constante	3,473***	5,818***	
W			
wx_BarrioCerrado	0,171***		
lnPrecio	0,048***		
e.lnPrecio	-0,129***	0,173***	
var(e.lnPrecio)	0,173***		
Estadísticos			
AIC	180,301	205,956	
Referencias:	*p<0,1	**p<0,05	***p<0,01

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo al modelo final obtenido, las variables que son estadísticamente significativas en la formación de los precios de los terrenos son en primer lugar si está ubicado en suelo no urbano, el distrito y la superficie, la distancia a los espacios verdes y a los colegios, expresados en términos de sus logaritmos naturales y por último, el precio de los terrenos vecinos y la si los terrenos vecinos se encuentran ubicados en un barrio cerrado.

El modelo CLIFF&ORD obtenido indica que, dadas las demás variables constantes, aquellos lotes que miden un 10% más, valen un 7.19% adicional. En línea con los resultados obtenidos por Monzani et al. (2020), los servicios públicos no inciden en el precio por la alta cobertura en el sector del área metropolitana de Mendoza correspondiente a Luján de Cuyo Respecto a las variables de distancia, la cercanía a los espacios verdes y los colegios, son características deseables por las que la gente estaría dispuesta a pagar: por cada punto porcentual de aumento en la distancia a estos establecimientos educativos, disminuye 0,2% el precio de los terrenos. Además, los terrenos que están 10% más lejos de los espacios verdes, valen 1,89% menos. La distancia a las rutas y paradas del transporte público, no son estadísticamente significativas. Otro punto importante, es que el avance urbano se está produciendo sobre zonas clasificadas según el PPTO como no urbanas, lo que se ve reflejado en el precio de los lotes, resultando estadísticamente significativo estar o no ubicado en zonas no urbanas.

La validación de estos resultados, mediante la $W_{\text{alternativa}}$ muestra que el Criterio de información de Akaike obtenido en el modelo CLIFF&ORD original es menor al Criterio de información de Akaike obtenido con las matriz alternativa, por lo que no se rechaza que los resultados sean robustos a la selección de la matriz, tabla IV.9.

Tabla IV. 9: Resultados de las estimaciones de los modelos CLIFF&ORD y CLIFF&ORD alternativo

Modelo	Criterio de Información de Akaike
CLIFF&ORD	180.30
CLIFF&ORD _alternativo	190.45

Fuente: Elaboración propia

Finalmente, considerando que los residuos son heteroscedásticos, es importante comparar los errores estándar de los β_k bajo homoscedasticidad y corregidos por heteroscedasticidad, tabla IV.10.

Tabla IV. 10: Resultados obtenidos bajo el modelo CLIFF&ORD con y sin corrección por heteroscedasticidad

Variable	CLIFF&ORD	CLIFF&ORD_rob
InPrecio		
InSuperficie	0,0279825	0,027837
Servpublicos	0,1272647	0,1242845
InDistEspV	0,041695	0,0418039
IndistColegios	0,0521151	0,0520602
InDistRuta	0,0258763	0,0252829
InDistParadas	0,0470607	0,0470733
Nourbano	0,0821517	0,082103
BarrioCerrado	0,0931337	0,0931215
Carrodilla	0,1231442	0,1208668
Ciudad	0,1638056	0,1666402
LasCompuertas	0,1352789	0,1351379
MayorDrummond	0,1221334	0,1230832
Otros	0,1489847	0,1490191
Vistalba	0,1124909	0,1122645
DummyBaja	0,4108517	0,4010027
Constante	0,6053998	0,6182407
W		
wx_BarrioCerrado	0,0363261	0,0355806
InPrecio	0,0137036	0,0140653
e.InPrecio	0,0445409	0,0397549
var(e.InPrecio)	0,0156189	0,0193341

Fuente: Elaboración propia

Respecto a los efectos marginales en términos monetarios, las estimaciones arrojan que un m^2 adicional aumenta en forma estadísticamente significativa el precio de los terrenos en USD 11,72, siendo en consecuencia este el precio del m^2 .¹⁰ Además, aquellos terrenos ubicados a un km más lejos de los espacios verdes, ven reducido su valor en USD 21.064 y su valor aumenta USD 24.734 si se ubican a un km menos de distancia de los colegios. Además, la cercanía a los barrios cerrados aumenta el precio de los terrenos. Esto se debe a que este tipo de urbanizaciones, provee condiciones de seguridad, mayor desarrollo de la infraestructura y condiciones de accesibilidad. Por otro lado, la ubicación fuera del área urbana incrementa el precio de los terrenos en USD

¹⁰ Para el caso de variables independientes continuas, el efecto marginal evaluado en dólares se computó en los valores medios y se calculó como el efecto marginal total (EMT) estimado del modelo espacial (que incluye los efectos de los parámetros espaciales) multiplicado por la relación entre el precio promedio de los terrenos y la media de la característica X_i bajo análisis. Además, el efecto marginal monetario de las variables binarias, se calculó como $(\exp^{\text{EMT}} - 1)$ multiplicado por el precio promedio de los terrenos. Para mayor detalle sobre el cálculo de los efectos marginales en los modelos espaciales ver LeSage y Pace (2009).

21.456. Todos estos son aumentos estadísticamente significativos y manteniendo las demás variables constantes.

Efectivamente el precio de los terrenos depende del distrito en el que se encuentran. Considerando que en Luján de Cuyo el precio promedio de los lotes en venta es USD 165.963 y que, en Chacras de Coria, distrito base para la comparación, el precio promedio es USD 478.604. si se mantienen las demás características de los terrenos, aquellos ubicados en Ciudad valen USD 109.242 menos. Por su parte, en Carrodilla y Las Compuertas, los precios se reducen USD 39.096 y 86.563, respectivamente, aunque en Carrodilla, este efecto no es estadísticamente significativo. Estos valores bajan USD 81.256 y USD 72.341 en Mayor Drummond y Vistalba respectivamente, y en los distritos agrupados en la categoría “Otros”, la reducción tampoco es estadísticamente significativa. En consecuencia, independientemente de las demás características de estos inmuebles, el distrito en el que se encuentran efectivamente condiciona su valoración y precio.

VI.7 Conclusiones y discusiones

La expansión urbana está generando en el Gran Mendoza y particularmente el Luján de Cuyo un cambio en el uso del suelo que impacta en la calidad del medio ambiente. Si bien no se busca generar un índice de precios similar al de (Glumac et al., 2019), sería valioso utilizar en futuros estudios estos resultados o resultados de estudios similares, para desarrollar nuevas herramientas de planificación urbana que permita disminuir dichos impactos ambientales

Este trabajo permitió conocer mediante la estimación de un modelo de precios hedónicos, cuáles son las variables relevantes en la formación del precio de oferta de los terrenos en Luján de Cuyo. El modelo muestra que los factores que determinan la diferencia de precios, además del distrito en el que se ubican, son la distancia a los espacios verdes y colegios, además de si se encuentra o no en área urbana o barrio cerrado. Otra característica importante que se observa es un efecto derrame del precio de un terreno determinado sobre los vecinos. Por otro lado, la distancia a los espacios verdes y la ubicación fuera del área urbana tienen implícita una valoración del medio ambiente, que en este caso es positiva, por lo que podría afirmarse que las personas de alguna manera estarían dispuestas a pagar por estar en contacto con la naturaleza. Pero la expansión urbana hacia zonas verdes genera un impacto contradictorio, ya que la búsqueda del

contacto con la naturaleza transforma el espacio natural, antropizándose el paisaje, impactando en la calidad del medio ambiente natural, por la que en principio se estaba dispuesto a pagar.

Al comparar los resultados CLIFF&ORD y MCO, se ve la importancia de incluir los efectos espaciales en el análisis, ya que no tenerlos en cuenta lleva a una incorrecta especificación del modelo al no considerar el efecto derrame ni la importancia de que el terreno se ubique dentro o fuera de un barrio cerrado. La ubicación en Carrodilla, que no tiene una influencia estadísticamente significativa, es considerada relevante cuando se hace un análisis MCO en lugar de un análisis espacial.

Es importante destacar que esta es sólo una primera aproximación a la valoración hedónica de los terrenos en Luján de Cuyo, ya que existen algunas limitaciones y sería importante seguir profundizando el análisis. La principal es el acceso a la información: futuros estudios podrían considerar nuevas variables como la cantidad de viviendas en los alrededores o indicadores de inseguridad o cómo fue cambiando la trama urbana y la ubicación de los negocios de cercanía, datos que no fue posible obtener o estar desactualizados.

**CAPÍTULO V - VALORACIÓN
ECONÓMICA DE LOS IMPACTOS
POR EL CAMBIO EN EL USO DEL
SUELO**

V.1 Introducción

El crecimiento urbano del AMM se está produciendo principalmente sobre suelos previamente cultivados, principalmente frutales, vid y olivos. De acuerdo con los datos presentados en la caracterización de la oferta de terrenos de Luján de Cuyo, el 81% de la superficie en venta corresponde a cultivos y como consecuencia, los terrenos residenciales se encuentran rodeados por fincas. De esta manera, la expansión del AMM conlleva una modificación del uso del suelo, produciendo diversos impactos ambientales, entre los que destaca el potencial de regulación climática del suelo (Koellner et al., 2013), a través del cambio en las emisiones de dióxido de carbono equivalentes¹¹ (CO₂ eq.). En general, no se consideran estos impactos en la planificación urbana y se desconoce el costo que tienen para la sociedad. Por esta razón, sería importante hacer una cuantificación económica de los impactos, para comprender los costos de la modificación en el uso del suelo. Esto puede brindar información para identificar escenarios de expansión urbana que minimicen los costos ambientales y contribuir en la formulación de políticas de urbanización.

Por un lado, las emisiones de CO₂ por la urbanización del suelo, representan una externalidad negativa. Estas aparecen cuando el accionar de un agente económico, ya sea consumidor o empresa, afecta el bienestar de otro (su función de utilidad, o su función de producción), sin que exista una compensación económica (Azqueta, 2007). Los mercados generalmente no internalizan las externalidades y hay pocos mercados de calidad ambiental (o contaminación) regulados cuyo precio pueda usarse para una valoración.

En este capítulo se busca 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. Una aproximación de los resultados de este estudio está en prensa en la revista *Economía, Sociedad y Territorio*, de México.

Como se mencionó previamente, la metodología de valoración utilizada depende del valor que se busca estimar, aunque la disponibilidad de datos y recursos determina generalmente el método elegido. Al considerar el impacto sobre el potencial de regulación

¹¹ El dióxido de carbono equivalente es una medida universal utilizada para indicar en términos de CO₂, el equivalente de cada uno de los gases de efecto invernadero con respecto a su potencial de calentamiento global.

climática del suelo, la valoración se hace utilizando el precio de las emisiones de CO₂ eq. o del carbono, que dependiendo del enfoque que se utiliza para calcularlo adopta diferentes nombres. Por ejemplo, el precio sombra del carbono, es aquel consistente con un determinado objetivo de política ambiental (World Bank, 2017). Otra alternativa es que esté relacionado al costo económico de la emisión de una tn adicional de CO₂ a la atmósfera basado en los daños causados en el ambiente, las actividades económicas y el bienestar de la sociedad, en cuyo caso, se utiliza el costo social del carbono (CSC).

Los instrumentos de precios al carbono (IPC) son instrumentos de políticas públicas, que buscan la internalización del costo social de la emisión de una unidad de carbono, y de esta manera lograr que quienes generan un daño ambiental se responsabilicen del mismo. Para esto, se establece un precio explícito a las emisiones de dióxido de carbono sobre actividades, sectores o productos, que minimice el daño ambiental y se basan principalmente en Pigou (1920). Los agentes responsables de las emisiones pueden decidir cómo responder al daño generado, reduciendo emisiones, compensándolas, o pagando el precio por el costo social. (Aldy & Stavins, 2012; Goulder & Schein, 2013; Metcalf & Weisbach, 2012; Ottmar et al., 2015; Schmalensee & Stavins, 2015).

De esta manera, los sistemas de fijación de precios al carbono permiten, debido a su flexibilidad, cumplir los objetivos de política ambiental de manera más costo-eficiente. Los principales instrumentos de precios son los impuestos y los permisos de emisión transables (PETS), aunque existe una tercer alternativa que es un sistema híbrido, combinación de las anteriores. El gobierno puede fijar el precio y dejar que el mercado determine las emisiones totales, en cuyo caso se habla de un impuesto, o establecer un límite máximo y permitir que mercado fije el precio y se hablaría de permisos de emisión transables (Pizarro, 2021).

Como consecuencia, no existe un único mercado internacional de CO₂, por lo que no hay una valoración internacional de referencia para la tonelada de CO₂. En su lugar, son varios los precios sociales del carbono que podrían considerarse y transferirse para ser usados en la estimación de este trabajo. Una opción es considerar mercados que se encuentran 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 más la temperatura promedio que dos grados centígrados respecto a los niveles preindustriales) o precios sugeridos por organismos internacionales que siguen ese mismo esquema conceptual de un precio que refleje las emisiones óptimas a nivel mundial. Actualmente el mercado de carbono genera alrededor de USD 84 mil millones mediante 70 instrumentos de precios del carbono, entre impuestos y PETS, abarcando el 23% de las emisiones de CO₂ mundiales, (World Bank, 2022). Pizarro (2021) realiza un análisis detallado sobre la fijación de precios en América Latina.

V.2 Antecedentes

En la literatura se puede observar la amplia gama de precios de carbono que se pueden utilizar como precio de referencia. Sisilema y Vásquez Vásquez (2019) hacen una valoración económica de la captura de CO₂ 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 de los CERS. En el primero de ellos, se utiliza el precio estimado por la organización Carbonfund, entidad que administra proyectos de compensación de carbono y reforestación, de \$US 10. En el segundo escenario, utilizan precios de entidades de cumplimiento de mercados regulados, en este caso, SENDECO₂, donde el precio por tn de CO₂ es \$US 17,06. Luego comparan las valoraciones en ambos escenarios. En esta misma línea, trabajan Medina et al. (2020), realizan una valoración económica del secuestro y almacenamiento de carbono en la puna seca del suroeste del Perú. Para esto, estiman la biomasa y carbono capturado en parcelas de muestreo y multiplican la cantidad de CO₂ promedio por ha 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 \$US 6,39 por tn CO₂ eq, estimado a partir de la evaluación de la rentabilidad social de proyectos de inversión pública llevados a cabo en el territorio peruano en el año 2018 y 2019.

Otro ejemplo de este mismo tipo de trabajos es el de Zuluaga-Zuluaga & Castro Escobar (2018)) estiman el valor monetario de la captura de CO₂ 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 CO₂, en el periodo 2008-2015, igual a \$US 1.13.

Respecto a las emisiones de CO₂ 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 CO₂ 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 país. En base a 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 CO₂ en Pakistán y concluyen que la expansión urbana genera un aumento en las emisiones de CO₂ 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 y 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.

Entonces, a nivel mundial hay un importante avance en relación a la valoración económica de la captura de CO₂ del suelo y de los efectos del crecimiento urbano y las emisiones de CO₂, pero esto no está estudiado en Mendoza.

V.3 Metodología

Cualquier cambio que se produzca en la capacidad de un recurso determinado para seguir desempeñando sus funciones, podría computarse calculando el Valor Presente Neto (VAN) del flujo de servicios perdido para los agentes afectados para un horizonte de planificación determinado, Azqueta et al. (2007). A partir de esta premisa es que se estima el valor económico del cambio en el potencial de regulación climática, en función de un precio del carbono y una tasa de descuento. Cuestiones de disponibilidad de recursos financieros, físicos y tiempo, las emisiones de CO₂ incluidas en el trabajo no son calculadas in situ. Esto lleva a que sea necesario recurrir a trabajos ya publicados, que en la medida de lo posible refieran a Mendoza y realizar una transferencia de valores al caso de estudio. Esta metodología consiste en transferir los valores obtenidos en un estudio

para la evaluación de un impacto ambiental en otro trabajo. Existen básicamente dos alternativas para hacerlo, Brouwer (2000).

La primera, y que es la que se utiliza en este trabajo, es transferir un valor puntual, es decir, 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. El segundo enfoque consiste en utilizar una función de transferencia de beneficios que ha sido previamente estimada en base a varios estudios según las características del lugar y de la gente involucrada (este tipo de estimaciones surgen generalmente de meta-análisis). Los pasos a seguir pueden consultarse en Johnston et al. (2015).

Una vez transferidos los valores, se calcula para cada momento del tiempo t , el diferencial (ΔE_t) entre las emisiones netas en el escenario alternativo, donde el suelo es urbanizado (*Emisiones $CO_{2urb,t}$*) y las emisiones netas que se producen en dicho terreno si no se produce la transformación del suelo (*Emisiones $CO_{2vid,t}$*). Esto es,

$$\Delta E_t = \textit{Emisiones } CO_{2urb,t} - \textit{Emisiones } CO_{2vid,t} \quad (\text{Ecuación V.1})$$

Luego se realiza la valuación, transfiriendo precios sociales del carbono obtenidos de otros estudios. El impacto económico sobre el potencial de regulación climático ($IE_{r,t}$) 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:

$$IE_t = \Delta E_t \cdot PC_t \quad (\text{Ecuación V.2})$$

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 $n+1$ años, para los que se comparan las dos alternativas propuestas. A partir del cálculo de los $IE_{r,t}$, siguiendo la Ecuación (2) se calcula el VAN del impacto, teniendo en cuenta una tasa social de descuento (TSD) para proyectos ambientales y descuento exponencial (ver al respecto Campos et al. (2016) o Conte Grand (2017)):

$$VAN = \sum_{t=0}^n \frac{IE_{r,t}}{(1+TSD)^t} \quad (\text{Ecuación V.3})$$

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 (ASP) tomando fuentes de información secundarias para las variables (Darbá, 2006; Evans & Olson, 1998). 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. Entonces, 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. Ello se hace aquí con el programa Simula 5.0, el cual tiene estandarizado el método de Montecarlo.¹² 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, cada uno de los cuales se supone sigue una distribución triangular:
 - Variación de las emisiones de CO₂ en el Año 0
 - Variación de las emisiones de CO₂ del Año uno al 50. Se consideró un solo input porque se suponen emisiones de CO₂ constantes a lo largo de toda la vida útil de la casa en todas las categorías consideradas.
 - 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 impacto producido por la conversión del suelo agrícola en urbano

Se realizan 20.000 iteraciones para la simulación de Montecarlo. El programa toma aleatoriamente un valor para 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

¹² El complemento de Excel Simula 5.0 fue desarrollado por Varela, 2020 y su principal ventaja es su simplicidad y que es de libre disponibilidad.

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.

A fines de verificar la robustez de los resultados, se analiza qué ocurriría si las tasas fueran más altas o si el descuento fuera hiperbólico en lugar de exponencial. La ventaja de utilizar este tipo de descuento es que es una forma particular de justificar el uso de una tasa de descuento decreciente (ver Campos et al. (2016)).

A modo de ejemplo, se descuenta, por un lado, el valor del cambio en las emisiones con TSD no ambientales. Finalmente, se valora el cambio en las emisiones de CO₂ eq. con las tasas ambientales, pero con descuento hiperbólico. De esta manera, el valor actual neto se calcula de la forma:

$$VAN = \sum_{t=0}^n \frac{IE_t}{1 + TSD^{*t}} \quad (\text{Ecuación V.4})$$

V.4 Datos

En este apartado se presentan, en primer lugar, las emisiones de CO₂ para el caso de estudio descrito en el Capítulo III, luego los precios del carbono y por último la tasa social de descuento.

V.4.1 Emisiones

Las emisiones de CO₂ fueron agrupadas de acuerdo al 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 impacto 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.¹³

¹³ En algunos casos las fuentes primarias no informan las emisiones de CO₂, sino el carbono (C) contenido, por lo que simplemente se hace la conversión de este valor de C a CO₂, multiplicándolo por 44/12 = 3.67, que es relación del peso molecular del CO₂ al C.

V.4.1.1 Escenario base

En esta situación, el flujo de CO₂ corresponde a las emisiones de la viticultura como actividad productiva. Se utilizó el trabajo de Abraham & Alturria (2013), quienes calculan para el oasis Norte de Mendoza, que la producción de vid genera 1,622 tn o 1,738 tn de CO₂, dependiendo de si la vid es de parral o espaldero, respectivamente. En el trabajo, se incluyen 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.

V.4.1.2 Escenario alternativo

Al transformar un suelo determinado, se libera a la atmósfera el CO₂ contenido tanto en el suelo como en la biomasa que lo ocupaba. Para calcular el CO₂ contenido en el suelo, se utilizó el valor de carbono orgánico (C) contenido en suelos orgánicos obtenido por Corvalán (2018). Los autores estiman que en Guaymallén, estos suelos tienen un valor medio de carbono de 3.86 kg (C)/m², con un mínimo de 0.51 kg (C)/m² y un máximo de 21.12 kg (C)/m². 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. Siguiendo a Müller-Wenk & Brandão (2010), se considera que se transfiere sólo el 25% del CO₂ contenido en el suelo.

La estimación del CO₂ contenido en la biomasa se basa en Funes et al. (2014) quienes al igual que Doménech et al. (2010) afirman que la vid provee un servicio ecosistémico como sumidero de carbono en la parte estructural de la vid. Estiman que, en la

comuna de La Rioja, España, los viñedos almacenarían en promedio 9.12 tn 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 anteriormente, los sistemas de poda locales mantienen el crecimiento de la planta en rangos similares, homogeneizando la producción de biomasa que fija el CO₂. Se considera que se transfiere al aire el 100% del CO₂ contenido en la biomasa, Müller-Wenk & Brandão (2010)

Estos valores son computados únicamente en el año cero, 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 (C) 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 parquizado 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 CO₂ 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 CO₂ de viviendas destinadas a la residencia permanente de una familia tipo de 4 personas, considerando únicamente el Índice de Prestaciones Energéticas (IPE).¹⁴ Se utilizaron datos provenientes de un programa piloto de certificación energética de viviendas realizado en el año 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/m² año. Las emisiones de CO₂ equivalentes derivadas de su generación, se obtuvieron mediante el factor de emisiones de CO₂ de la red de energía eléctrica, que varía según la matriz energética de los países. Este valor es, de acuerdo al último dato publicado por el

¹⁴ Incluye la energía primaria requerida para el normal funcionamiento de un inmueble y satisfacer las necesidades de calefacción, refrigeración, iluminación y producción de agua caliente sanitaria, por año y m² de superficie útil, Programa Nacional de Etiquetado de Viviendas.

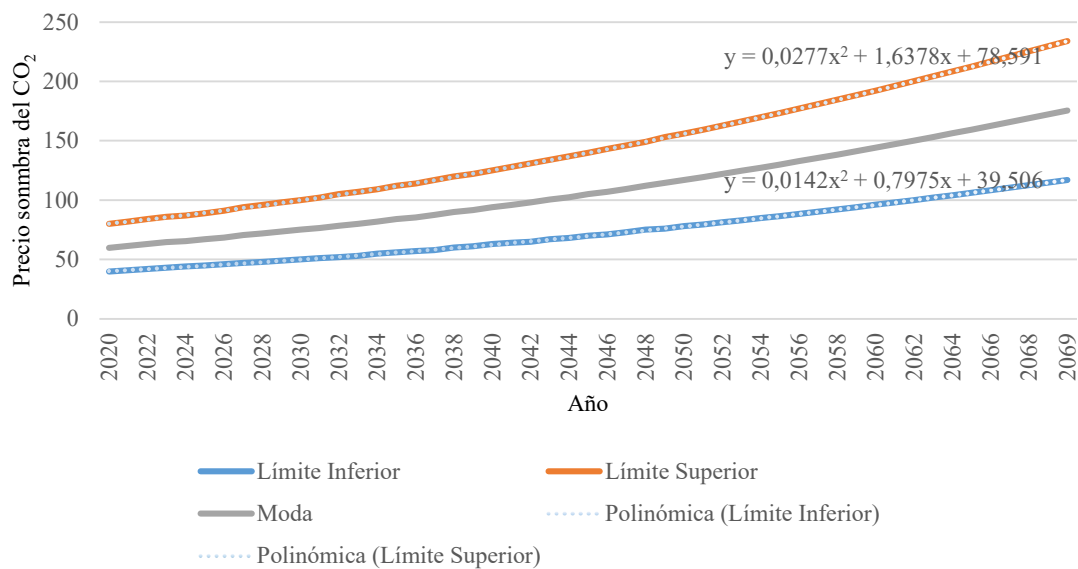
Ministerio de Energía y Minería de Argentina para el año 2016, 0.51 tn CO₂/MWh. Estos valores serán computados anualmente a partir del año uno, cuando se termine de construir la vivienda.

Por último, en el caso del alumbrado público, se incorporan las emisiones de CO₂ relacionadas al alumbrado público por cada luminaria: por cada luminaria el municipio emite 0.36 tn CO₂ anuales (Gobierno de Mendoza, 2018). Considerando que en cada cuadra hay 4 postes de luz, en promedio por manzana equivalente a una hectárea, hay 16 postes de luz. Estos valores son computados anualmente a partir del año uno.

V.4.2 Precios

Una vez conocidas las emisiones de CO₂, 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 estos, el Banco Mundial (World Bank, 2017) que propone usar valores de entre \$US 40 y 80 por tn de CO₂ en 2020 con un incremento gradual a \$US 50-100 por tn de CO₂ a 2030 es consistente para reducir el calentamiento global a menos de 2°C al año 2100 y luego precios que van cambiando hasta 2050. Para completar la serie temporal, se estimaron los precios faltantes usando una tendencia basada en una función polinómica de grado 2, gráfico V.1.

Gráfico V. 1: Precio sombra del CO2. Periodo 2020-2069



Fuente: Elaboración propia en base de datos del World Bank (2017)

La incertidumbre, producto de la imprevisibilidad de las futuras tendencias socioeconómicas y tecnológicas, y la necesidad de considerar el contexto del país, justifican el uso de un rango de valores para el precio de la tn de CO₂, en lugar de una estimación central. Además, 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 esto, se usaron valores máximos y mínimos del carbono y un valor central, que se construyó considerando el promedio simple de los extremos.

V.4.3 Tasa de descuento

Para el descuento del flujo de emisiones de CO₂ 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

esta 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 la tasa propuesta por Lopez (2008), quien estima para este tipo de proyectos en Argentina una TSD de 2,9%. 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 Rambaud & Muñoz Torrecillas (2005), quienes proponen para proyectos forestales al 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 es que se decidió utilizar esta tasa.

V.4 Resultados

En la tabla V.1 se muestran los valores mínimos y máximos de las emisiones netas de CO₂ equivalente por categoría de impacto.

Tabla V. 1: Valores alternativos emisiones netas de expresados en tn CO₂ eq. por hectárea

	Mínimo		Media		Máximo	
	Año 0	Años 1 a 50	Año 0	Años 1 a 50	Año 0	Años 1 a 50
Urbanización						
<i>Liberación del CO₂ del suelo</i>	19,99		35,42		116,8	3
<i>Liberación del CO₂ de la vegetación</i>	18,99		33,47		110,4	1
Total suelo	38,88		68,89		227,2	
Impactos de la vivienda						
Requerimientos energéticos		37,68		372,30		539,71
Alumbrado Público		5,76		5,76		5,76
Total vivienda	0,00	43,44	0,00	378,06	0,00	545,47
Total Urbanización	38,88	43,44	68,89	378,06	227,2	545,47
Escenario Base - Vid						
Emisiones Vid	1,63	1,63	1,68	1,68	1,74	1,74
Total vid	1,63	1,63	1,68	1,68	1,74	1,74
Impacto Total	37,25	41,81	67,21	376,83	225,4	543,73

Fuente: Elaboración propia

A lo largo de los 50 años de vida útil de la vivienda, la media de las emisiones netas anuales son 378,06 tn CO₂ eq./ha. El 99% es por el consumo de energía de la vivienda y 1% 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 promedio del cambio de uso de suelo de vid a urbano es de aproximadamente \$ US 833.191 por hectárea. El análisis de sensibilidad muestra una distribución triangular de los posibles valores que puede tomar, variando entre \$ US 118.411 y \$ US 1.900.415, por ha, dependiendo de la combinación de emisiones, precio y TSD, de acuerdo a sus distribuciones de probabilidad, gráfico V.2.

Gráfico V. 2: Análisis de sensibilidad probabilístico de VAN del impacto ambiental



Fuente: Elaboración propia

Entonces, la urbanización del viñedo del caso de estudio, cuya superficie es de 36 ha, implicaría un costo ambiental de \$ US 29.994.903 con valores extremos de \$ US4.262.807 y \$ US68.414.953. A fines 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 V.2).

Tabla V. 2: Valor Actual Neto con tasas sociales de descuento no ambientales.

	Valor	Referencia	País
Mínimo	8.5%	MÁRQUEZ CÁCERES (2013)	Chile
Medio	10%	Lopez Murphy (2003)	Argentina
Máximo	12%	Resolución SPE N°110/96	Argentina

Fuente: Elaboración propia

Considerando estas tasas, el VAN obtenido de \$ US225.578 por ha, y puede variar entre \$ US32.335 y \$ US475.806. 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 costo ambiental causado.

Finalmente, si se utiliza descuento hiperbólico en lugar de exponencial, el valor actual de la variación de las emisiones de CO₂ eq. es \$ US1.032.292, pudiendo variar entre \$ US149.619 y \$ US2.033.767, es decir, se produce un incremento en el valor actual del daño producido por la conversión de un viñedo en urbanización.

V.5 Conclusiones

En este capítulo se buscó calcular el valor económico del costo ambiental por la urbanización de un viñedo, como caso de estudio de 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, CO₂ contenido en la biomasa), situación que se resolvió empleando valores de la bibliografía para sitios de 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 CO₂ o de otros servicios eco-sistémicos 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 CO₂, sería interesante analizar también qué ocurre con otros servicios eco-sistémicos como los servicios culturales, por la desaparición de paisajes, afectando además el eno-turismo.

Los resultados obtenidos pueden ser una herramienta soporte para los tomadores de decisión, que, si bien no se puede evitar la transformación del suelo y el consecuente cambio en las emisiones de CO₂, dada la constante necesidad de urbanización para la provisión de vivienda de la población creciente, los agentes económicos puedan usarla para comenzar a incluir en las decisiones los costos ambientales en los precios del mercado inmobiliario. Considerando que el precio de venta estimado por ha de viñedo ronda los \$ US 40.000, y que el costo ambiental del cambio del uso del suelo, es \$ US 13,853, 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 \$ US 1,938,734. No incluir este costo ambiental supone una subestimación del 26% de su valor. Este valor cobra significatividad cuando se amplía la escala de estudio. A marzo de 2021 y según relevamiento realizado en base a las páginas web de diferentes inmobiliarias¹⁵¹⁶, en el sector del área metropolitana de Mendoza correspondiente a Luján de Cuyo hay 1,630 has 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 incremental en el costo ambiental de la conversión de esta superficie es \$ US1,579,326 en relación a si la urbanización se produjera sobre un terreno ya baldío.

¹⁵ Los resultados de este trabajo están en proceso de publicación

¹⁶ Adobe, Inmoclick, Zonaprop, Properati

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 CO₂ producto de otros factores como el transporte de personas, la extensión de la red de servicios público y los nuevos polos comerciales que se generan en los alrededores de las nuevas urbanizaciones.

CAPÍTULO VI - VALORACIÓN ECONÓMICA DENTRO DEL ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA

VI.1 Introducción

En el capítulo anterior se trabajó con las emisiones de CO₂ por el cambio en el uso del suelo, calculándose el costo ambiental de la urbanización de un viñedo. Si bien de esta manera se puede calcular y valorar el impacto ambiental de la emisión de gases de efecto invernadero, no es la única herramienta para hacerlo. Existen otras metodologías para su cálculo como el análisis de ciclo de vida, análisis de flujo de materiales, metabolismo urbano, entre otros. En esta tesis se busca, entre otros temas, valorar los impactos por la conversión de suelos, bajo dos enfoques. A diferencia del capítulo anterior, en esta sección se adopta el enfoque de ciclo de vida para evaluar los impactos ambientales a valorar. Es importante destacar que el análisis de inventario solo se realiza sobre el potencial de regulación climática.

Si bien existen trabajos que abordan los impactos ambientales sobre el potencial de regulación climática por el uso del suelo (Bird et al., 2011; Schmidinger & Stehfest, 2012; Trovo Garofalo et al., 2022), no se encontraron trabajos empíricos que en el marco del ACV estudien su valor económico. Ante esto, en este capítulo se busca en el marco del análisis de ciclo de vida, calcular el valor económico del impacto ambiental sobre estos impactos por el cambio en el uso del suelo, considerando la transformación y la ocupación del suelo.

Se usa como toma como base o punto de partida el trabajo de Cao et al. (2015), quienes realizan una primera aproximación, con la creación de factores de caracterización económicos para la ocupación del suelo, y se adapta para la transformación. No se considera la etapa de construcción de la casa ni de fabricación de los materiales.

VI.2 Marco teórico

La urbanización de un cultivo implica una transformación del suelo seguida por ocupación. Para abordar los impactos que genera es necesario seguir las fases del ACV:

VI.2.1 Fase 1 - Definición de objetivo y alcance

En esta fase, al trabajar con el uso del suelo, la definición de la unidad funcional es compleja por su multi-funcionalidad. Para salvar esta situación, Loiseau et al. (2013) desarrollan el Análisis de Ciclo de Vida Territorial, que es un marco teórico para el análisis de ciclo de vida de diferentes escenarios de planificación del territorio, permitiendo de esta manera avanzar en la comparación de estos escenarios. Su principal propósito es proveer información relevante sobre los impactos ambientales potenciales en los diferentes contextos, que sirva para la toma de decisiones relacionadas a la planificación del uso del suelo. Los autores proponen reemplazar la unidad funcional, por la definición de funciones territoriales. De esta manera, el flujo de referencia es el escenario de planificación urbana. Siguiendo a estos autores, en este manuscrito se definen funciones del suelo en lugar de una unidad funcional. Si bien no existe una lista taxativa, sino que depende de las necesidades de los tomadores de decisiones, Loiseau et al. (2018) agrupan estas funciones en tres categorías: a) Económicas: residencial, productiva, distribución y consumo de productos; b) Sociales: recreativas y turísticas, provisión de trabajo, salud humana y servicios culturales; c) Ambientales: provisión de recursos bióticos, provisión y soporte de recursos abióticos, mantenimiento de los procesos eco-sistémicos, regulación y protección de los ecosistemas.

Dentro del ACV Territorial, distinguen dos alternativas de análisis. El primero de ellos, considera una actividad específica dentro de un territorio determinado, donde la unidad funcional se construye en base al contexto territorial; a este análisis lo llaman Tipo A. Luego, está el análisis Tipo B, que considera todas las actividades de consumo y producción realizadas en un territorio determinado; en esta variante, no se define una unidad funcional, sino que se identifican funciones del suelo. En este artículo, se va a seguir el enfoque de análisis de ciclo de vida territorial tipo B, por lo que no se profundizará sobre el tipo A. La selección del ACV Territorial tipo B se justifica por la necesidad de considerar todas las actividades que pueden contribuir directamente a los impactos ambientales en el caso de estudio elegido. El ACV Territorial “B” propone definir un conjunto de funciones e indicadores de servicio para el escenario de planificación territorial. Los límites del sistema incluyen todas las actividades que tienen lugar en el territorio estudiado y las precedentes relacionadas, independientemente de si se desarrollan dentro o fuera del territorio estudiado. Estas se evalúan con la

cuantificación de indicadores de servicios prestados por el territorio en su conjunto (productiva y residencial para esta tesis). De esta manera, no hay problemas para la asignación de recursos, actividades e impactos.

VI.2.2 Fase 2 - Inventario de ciclo de vida

Esta tesis cuantifica las entradas y salidas solamente de un flujo del sistema, que es el suelo, ya sea que se ocupa o se transforma, o ambas situaciones secuenciadas, y asociadas a ello, los cambios en las emisiones de CO₂ eq, que serán insumo para evaluar luego el impacto relacionado con el potencial de regulación del clima (climático).

VI.2.3 Fase 3 - Evaluación de impacto

Koellner et al. (2013) proponen una guía metodológica para abordar los impactos globales sobre la biodiversidad y los recursos eco-sistémicos por la ocupación y/o transformación del suelo. En la ocupación del suelo, sus propiedades no cambian y se utiliza con la misma función productiva que tenía. En cambio, cuando se produce la transformación, las características del suelo sí cambian. Si bien la etapa de transformación es relativamente corta y atemporal, tanto la transformación como la ocupación impactan en la calidad del ecosistema por un determinado periodo de tiempo¹⁷. Koellner et al. (2013) definen el impacto por la ocupación del suelo (IO) como:

$$IO = \Delta Q * t_{oc} * A \quad \text{(Ecuación VI.1)}$$

siendo ΔQ el cambio en la calidad del ecosistema, t_{oc} el tiempo de ocupación y A la superficie afectada.

Al analizar la transformación puede ocurrir que esta sea reversible o permanente. Si es reversible, el impacto por transformación dependerá del tiempo de regeneración del ecosistema (t_{reg}), es decir el tiempo requerido para que naturalmente se revierta la

¹⁷ La calidad del ecosistema, es su capacidad para sostener la biodiversidad y dar servicios a la sociedad humana.

transformación. Si esto ocurre, el impacto por la transformación del suelo se calcula como:

$$IT = 0.5 * \Delta Q * t_{reg} * A \quad (\text{Ecuación VI.2})$$

Si no hay un proceso de ocupación después de una transformación del suelo, el ecosistema tiende gradualmente a su estado original, es decir, a su potencial de vegetación natural (PNV), aunque no se alcance la calidad original. Esto se conoce como la relajación del eco-sistema. Esto comienza inmediatamente después de la transformación del suelo, Koellner et al. (2013). Si en cambio se produce un proceso de ocupación luego de la transformación del suelo, la relajación comienza inmediatamente al finalizar dicha ocupación.

En caso contrario, cuando la transformación del suelo es permanente, de acuerdo a Koellner et al. (2013) y De Laurentiis et al. (2019), el impacto por transformación es igual a:

$$IT = \Delta Q * A \quad (\text{Ecuación VI.3})$$

Esto sucede particularmente en zonas áridas y semi-áridas, donde los suelos tienen bajo nivel de materia orgánica y la degradación del suelo puede alcanzar un umbral en el que el suelo es incapaz de recuperarse, comenzando así la desertificación. Llegado este punto, la pérdida de la calidad del suelo es irreversible, (Milà i Canals, et al., 2007).

Además, cuando hay transformación y ocupación se dan impactos adicionales: el carbono transferido al aire por una transformación previa de la tierra prorroga su estancia por un periodo igual a la duración de la ocupación. Müller-Wenk & Brandão (2010) desarrollan un marco de referencia dentro del ACV para calcular los impactos por cambio en el uso del suelo, estudiando el impacto climático de la transferencia de carbono, desde la vegetación y el suelo al aire. La ocupación de la tierra durante un año conduce a una prolongación de la estancia de carbono en el aire también por un año. La prórroga correspondiente por los n años de permanencia de CO₂ en el aire es un impacto atribuible a esos años de ocupación del suelo y no a la transformación inicial de la tierra, Müller-Wenk & Brandão (2010).

Por otra parte, destacan que el efecto sobre el calentamiento global que genera una tn de carbono por el uso del suelo es diferente al de una tn de carbono procedente de la combustión de fósiles. Ante esto, ponderan la cantidad de carbono procedente del uso de la tierra, tanto para la transformación como para la ocupación, con un “factor de duración (fd)” antes de sumarlos a las cantidades de carbono procedentes de la

combustión de fósiles y procesos técnicos comparables. El f_d es la relación entre la estancia media de carbono en el aire debido al uso del suelo y la estancia media de carbono en el aire debido a la combustión fósil (157 años si el horizonte temporal es de 500 años, o 47,5 si es 100 años). Si es menor, las emisiones de CO₂ por el uso del suelo, tienen que ser ponderada por un factor menor a uno, para ajustar por el menor potencial de daño sobre el clima por tn de suelo. El f_d depende de la cantidad de carbono transferida, el flujo de retorno del carbono y el factor de cambio de flujo de retorno, Müller-Wenk & Brandão (2010). Incorporando esto, el impacto por ocupación (IO) y por transformación (IT) son:

$$IO = f_{d_{oc}} * \Delta Q * t_{oc} * A \quad (\text{Ecuación VI.4})$$

$$IT = f_{d_{tr}} * \Delta Q * A \quad (\text{Ecuación VI.5})$$

Siendo $f_{d_{oc}}$ y $f_{d_{tr}}$ los factores de duración por ocupación y transformación, respectivamente.

VI.2.4 Fase 4 - Interpretación de los resultados

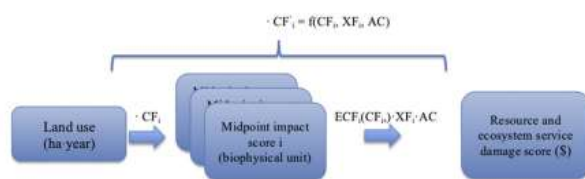
Para la discusión de los resultados obtenidos y realizar recomendaciones para la toma de decisiones de acuerdo con el objetivo y alcance definidos.

VI.2.5 Estimación del valor económico de los impactos ambientales

Finalmente, para valorar el impacto sobre el potencial de regulación climática y otros impactos ambientales, Cao et al. (2015), desarrollan un método que permite convertir los indicadores de impacto de punto medio de cada una de las funciones ecológicas del suelo, en servicios eco-sistémicos, mediante su valoración económica¹⁸. Convierten cada factor de caracterización de ocupación del suelo FC_i , en un valor económico de impacto I_i que expresa el daño ocasionado, donde i refiere al servicio eco-sistémico afectado, figura VI.1. De esta manera, es posible agregarlos en una sola área de protección que represente la pérdida de los servicios eco-sistémicos capturados por la sociedad.

¹⁸ Los indicadores de punto medio describen problemas ambientales, a diferencia de los indicadores de punto final, que describen daños sobre el medio ambiente.

Figura VI. 1: Marco metodológico propuesto por Cao et al. (2015)



Fuente: Cao et al. (2015)

Específicamente, los autores plantean transformar los FC, que son indicadores biofísicos, en unidades económicas, teniendo en cuenta las particularidades de cada región, mediante 3 factores: a) la función económica de conversión del factor de caracterización (FC'_i), b) el factor de exposición, es decir, el porcentaje de la función eco-sistémica afectada y utilizada como servicio eco-sistémico con consecuencias en el bienestar de la sociedad (XF_i) y c) la capacidad de adaptación de la sociedad (CA), Ecuación VI.3.

$$FC'_i = FCE(FC_i) * XF_i * CA \quad (\text{Ecuación VI.6})$$

Por otro lado, el valor económico por unidad de impacto ambiental (I_i) es el producto de la superficie ocupada, el tiempo de ocupación y el nuevo factor de caracterización, Ecuación VI.5.

$$I_i = A * t_{oc} * FC'_i \quad (\text{Ecuación VI.7})$$

siendo,

A = Superficie ocupada

t_{oc} = tiempo de ocupación expresado en años

FC'_i = Factor de caracterización que representa el costo social por cierto servicio eco-sistémico i producto del uso del suelo, expresado en \$/ha por año.

CA = Capacidad de adaptación del ecosistema

El factor de exposición para el potencial de regulación climática (XF_{PRC}) es 100%, porque es un impacto global y su valoración económica no recae en la capacidad de adaptación del ecosistema. El factor de caracterización económico (FCE) para la ocupación, es el costo social del carbono (CSC), que refleja el costo marginal de emitir una unidad adicional de carbono o de dejar de absorberla en un periodo t , limitando el potencial de regulación climática del suelo. Incluye los costos materiales y sobre la salud humana.

Dado que la fracción de carbono en el dióxido de carbono es igual a la relación entre sus pesos y que el peso atómico de cada uno de ellos es 12 y 44 unidades de masa

atómica respectivamente, se obtiene que una tn de carbono equivale a 3,67 tn de CO₂, es decir:

$$1 \text{ tn C} = 3.67 \text{ tn CO}_2 \quad (\text{Ecuación VI.8})$$

por lo que

$$1 = 3,67 \left(\frac{\text{tnCO}_2}{\text{tnC}} \right) \quad (\text{Ecuación VI.9})$$

En función a las ecuaciones VI. 6 y VI.9, al hablar del potencial de regulación del clima y considerando que la valoración económica de este impacto no depende de la capacidad de adaptación del ecosistema, el FC' PRC $\left(\frac{\$}{\text{ha} \cdot \text{año}} \right)$ es:

$$\text{FC}'_{\text{PRC}} \left(\frac{\$}{\text{ha} \cdot \text{año}} \right) = \text{FC}_{\text{PRC}} \left(\frac{\text{tnC}}{\text{ha} \cdot \text{año}} \right) * \text{CSC} \left(\frac{\$}{\text{tnC}_2} \right) * \text{XF}_{\text{PRC}} * 3,67 \left(\frac{\text{tnCO}_2}{\text{tnC}} \right) \quad (\text{Ecuación VI.10})$$

siendo FC_{PRC} el Factor de Caracterización del potencial de regulación climática del suelo.

Combinando las ecuaciones VI.7 y VI.10, el valor económico por cada tn de CO es

$$\text{IA}_{\text{PRC}} = A(\text{ha}) * t_{\text{oc}}(\text{año}) * \text{FC}_{\text{CRP}} \left(\frac{\text{tnC}}{\text{ha} \cdot \text{año}} \right) * \text{CSC} \left(\frac{\$}{\text{tnCO}_2} \right) * 3,67 \left(\frac{\text{tnCO}_2}{\text{tnC}} \right) \quad (\text{Ecuación VI.11})$$

Por lo tanto, considerando ΔI igual al cambio en las emisiones de CO₂, el valor económico del impacto total por es igual a

$$\text{IE} = \Delta I * \text{IA}_{\text{PRC}} \quad (\text{Ecuación VI.12})$$

A partir del cálculo de los impactos, dentro del ACV, existen diversas herramientas para la ponderación de los impactos mediante la valoración económica, entre los cuales se destacan el método EPS, ECOTAX2002, Stepwise2006, ECOVALUE08. Estas herramientas se encuentran desarrolladas en Amadei et al. (2021).

VI.3 Metodología

Se propusieron dos escenarios de ocupación del suelo: en el primero de ellos, este es ocupado por un viñedo y en el alternativo por una urbanización. A partir de estos, en primer lugar, se calcularon los impactos propios de la transformación y ocupación del

suelo, utilizando las fórmulas VI.4 y VI.5. Este último corresponde a la mayor permanencia en el aire del CO₂ transferido desde el suelo y la biomasa. Luego, se calcularon los impactos de la etapa de uso de cada escenario con la Ecuación VI.12. Finalmente, se consideró el diferencial de impactos por ocupación ocurridos en ambos escenarios y se hizo la valoración económica de dicho impacto junto con un análisis de sensibilidad probabilístico.

En primer lugar, el diferencial de impacto por ocupación del suelo, ΔI_{POC} es

$$\Delta I_{A_{oc}} = I_{PRC,urb} - I_{PRC,vid} \quad (\text{Ecuación VI.13})$$

con $I_{PRC,urb}$ el impacto ambiental en el escenario alternativo y $I_{PRC,vid}$ el impacto en el escenario base. Considerando que los valores están expresando en tn de CO₂ eq., el FC_{PRC} es igual a uno. Entonces,

$$\Delta Q = \Delta E = \Delta I_{A_{oc}} \quad (\text{Ecuación VI.14})$$

igual al cambio en las emisiones de CO₂ por el cambio en el uso del suelo, de tal forma que

$$\Delta E = \frac{tnCO_{2,urb}}{tnC_0} - \frac{tnCO_{2,vid}}{tnC_0} \quad (\text{Ecuación VI.15})$$

donde CO_{2,urb} son las emisiones de CO₂ en el escenario alternativo y CO_{2,vid} en el base. Combinando las ecuaciones VI.11, VI.12, VI.13 y VI.14, el valor del diferencial del impacto ambiental sobre el potencial de regulación climática del suelo (IET) considerando únicamente la etapa de uso en ambos escenarios, es:

$$IE_{oc} (\$) = A(\text{ha}) * t_{oc}(\text{año}) * FC \left(\frac{tnC}{ha * año} \right) * CSC \left(\frac{\$}{tnCO_2} \right) * \Delta E_t \quad (\text{Ecuación VI.16})$$

Es necesario además calcular y estimar el valor económico de la liberación del CO₂ por la transformación del suelo. Siguiendo a Milà i Canals et al. (2007), por ser Mendoza una región árida, el suelo tiende a tener poca materia orgánica, por lo que las transformaciones del suelo y específicamente su urbanización, pueden considerarse irreversible. A partir de Muller-Wenk & Brandao (2010), es necesario la consideración de un fd_{oc} y un fd_{tr} del CO₂ en el aire, por lo que los impactos por transformación y posterior ocupación del suelo se calculan utilizando la Ecuación VI.5 y la Ecuación VI.4, respectivamente. Entonces, la estimación del valor económico del impacto por la liberación y mayor tiempo de permanencia en la atmósfera del CO₂ contenido en el suelo y la biomasa que provocó la transformación del suelo es:

$$IE'_{tr}(\$) = A(\text{ha}) * FC_{CRP} \left(\frac{tnC}{ha * \text{año}} \right) * CSC \left(\frac{\$}{tnCO_2} \right) * \Delta Q_t * f_{dtr} \quad (\text{Ecuación VI.17})$$

Siguiendo esta línea de análisis, el valor económico del impacto por la posterior ocupación del suelo, independientemente de la función territorial asociada es:

$$IE'_{oc}(\$) = A(\text{ha}) * t_{oc}(\text{año}) * FC_{CRP} \left(\frac{tnC}{ha * \text{año}} \right) * CSC \left(\frac{\$}{tnCO_2} \right) * \Delta Q_t * f_{doc} \quad (\text{Ecuación VI.18})$$

Finalmente, el valor económico total por la transformación y posterior ocupación del suelo es

$$IET = IE_{oc}(\$) + IE'_{oc}(\$) + IE_{tr}(\$) \quad (\text{Ecuación VI.19})$$

Si bien esto tiene algunas inexactitudes desde la teoría económica (no considera dimensión temporal para la valoración económica de los impactos, por lo que no utiliza una tasa de descuento ni la variabilidad del CSC en el horizonte de planificación), es un puntapié para su abordaje por lo tanto, en función a esta ecuación e introduciendo algunas modificaciones, se calcula el valor económico del impacto ambiental sobre el potencial de regulación climática por la urbanización de un viñedo.

A partir de la Ecuación VI.17, la primera modificación que se propone, es incorporar la dimensión temporal en el análisis, ya que aún, suponiendo emisiones de CO₂ constante, el CSC no lo es, Incorporando esta variabilidad, para cada periodo de tiempo t , el impacto económico es:

$$IET_t \left(\frac{\$}{h * \text{año}} \right) = A(\text{ha}) \cdot FC_{PRC} \left(\frac{tnC}{ha * \text{año}} \right) \cdot CSC_t \left(\frac{\$}{tCO_2} \right) * \Delta Q_t \left(\frac{tCO_2}{tnC} \right) \quad (\text{Ecuación VI.18})$$

De esta manera, dado un horizonte temporal de n años, en lugar de hacer el producto entre el valor económico del impacto y la cantidad de años en que el suelo es ocupado, la valoración económica sería más adecuado realizarla mediante una sumatoria de la forma

$$IE = \sum_{t=0}^n IET_t \quad (\text{Ecuación VI.19})$$

donde $t = 0$ es el momento en el que se da la conversión en el uso del suelo y n es la cantidad de años de vida útil de la urbanización.

Salvado este tema, surge una nueva limitación, relacionada con que no es posible hacer esta sumatoria de forma directa, porque los costos y beneficios ocurren en diferentes periodos de tiempo. Para sumarlos, los valores deben estar expresados en el mismo

periodo de tiempo, lo cual se hace a través del descuento de los flujos, utilizando una tasa de descuento. Entonces, el valor actual neto de cualquier proyecto, incluidos los ambientales, está determinado por la elección de la tasa de descuento. Al trabajar con proyectos ambientales, como es la conversión del suelo, la tasa que se utiliza es una tasa social de descuento (TSD), que mide la tasa a la cual la sociedad está dispuesta a sustituir consumo presente por consumo futuro.

Una vez elegida la TSD, se descuenta el valor económico del flujo de cambios en el inventario de las emisiones de CO₂. Dado un horizonte de análisis n , el valor económico de los impactos ambientales sobre el potencial de regulación climática para cada periodo t , es IE_t , el valor total de los impactos, en lugar de calcularse con la Ecuación VI.11, debería calcularse mediante una ecuación de la forma:

$$VAN IE = \sum_{t=0}^n \frac{IE_t}{(1+TSD)^t} \quad (\text{Ecuación VI.20})$$

Se complementa este análisis realizando un análisis de sensibilidad bajo los mismos supuestos utilizados en el Capítulo V y se comparan los resultados obtenidos al valorar el impacto ambiental calculado bajo utilizando el ciclo de vida, con los obtenidos al valorar las emisiones de CO₂.

Finalmente se compara el costo económico de urbanizar un viñedo, un terreno con cobertura natural y un baldío, para mapear e identificar las zonas con mayor costo ambiental si se urbanizan.

VI.4 Datos

VI.4.1 Inventario de ciclo de vida (Fase 2)

Si el terreno está ocupado por un viñedo, las emisiones de CO₂ eq. son en promedio 1,68 tn de CO₂ eq. por ha, variando entre 1,622 y 1,738 tn de CO₂ eq. por ha (Abraham & Alturria, 2013). Respecto a las emisiones de la etapa de uso de la urbanización en el escenario alternativo, estas se detallan en la Tabla VI.1.

Tabla VI.1: Emisiones de CO₂ etapa de uso de la urbanización

	Mínimo		Media		Máximo	
	Año 0	Años 1 a 50	Año 0	Años 1 a 50	Año 0	Años 1 a 50
Requerimientos energéticos de una vivienda		37,68		372,30		539,71
Alumbrado Público		5,76		5,76		5,76
Impacto total urbanización	0,00	43,44	0,00	378,06	0,00	545,47

Fuente: Elaboración propia

A partir de estos valores se calculan en primer lugar los impactos ambientales y luego se hace la valoración económica de la variación del impacto ambiental producto del cambio del uso del suelo.

VI.4.2 Evaluación de impacto ambiental (Fase 3)

El factor de caracterización utilizado para calcular los impactos ambientales en la etapa de uso del suelo es igual a uno en ambos escenarios de análisis por estar todos los datos ya expresados en términos de CO₂ eq. Por lo tanto, la variación de las emisiones de CO₂, y el impacto ambiental son iguales. Además, el factor de duración por ocupación del suelo, igual al cociente entre el tiempo de permanencia del carbono en el aire por la ocupación del suelo (un año) y el tiempo medio de permanencia en el aire del carbono proveniente de los combustibles fósiles, es 0,02. Al igual que ocurre con los bosques, la conversión del suelo agrícola a suelo artificial transfiere el 100% del carbono contenido en la biomasa de la madera de los viñedos y el 25% del carbono contenido en el suelo, (Müller-Wenk & Brandão, 2010). Respecto al fd_{tr} , producto de que la transformación del suelo es permanente, el CO₂ liberado a la atmósfera no retorna al suelo o la biomasa, por lo que tendería a infinito. Sin embargo, el fd no puede ser mayor a uno (Müller-Wenk & Brandão, 2010), por lo tanto, se acota y considera a fines de esta tesis igual a uno, tabla VI.2.

Tabla VI. 2: Impactos ambientales de la transformación y ocupación del suelo. Valores de referencia.

Variable	Cantidad	Unidad	Fuente	
Cantidad de carbono transferida a la atmósfera				
Contenido de C	Suelo	38,6	t/ha	Corvalán, 2018
	Vegetación	9,12	t/ha	Funes et al.
Porcentaje de transferencia	Suelo	25%	%	Müller-Wenk y Brandao, 2010
	Vegetación	100%	%	Müller-Wenk y Brandao, 2010
Cantidad C transferida	Suelo	9.65	t/ha	
	Vegetación	9,12	t/ha	
	Total	18,77	t/ha	
Factor de duración ocupación				
Duración CO ₂ suelo y biomasa	1	año		
Tiempo de permanencia CO ₂ fósil	47,50	años	Müller-Wenk y Brandao, 2010	
Factor de duración ocupación	0,02		Por 51 años	
Factor de duración transformación	1			

Fuente: Elaboración propia

La estimación del valor económicos de estos impactos se hace utilizando el precio sombra sugerido por el Banco Mundial, World Bank (2017), descriptos además en la Sección V.4.2.

VI.5 Resultados

En esta sección se exponen en primer lugar los resultados de la evaluación de impacto y luego la estimación de su valoración económica. Por último, se realiza la interpretación de estos resultados.

VI.5.1 Evaluación de impacto ambiental (Fase 3)

En la Tabla VI.3 se detallan los impactos ambientales por la transformación y posterior urbanización de un viñedo.

Tabla VI. 3: Impactos ambientales por la urbanización de un viñedo. Valores por ha.

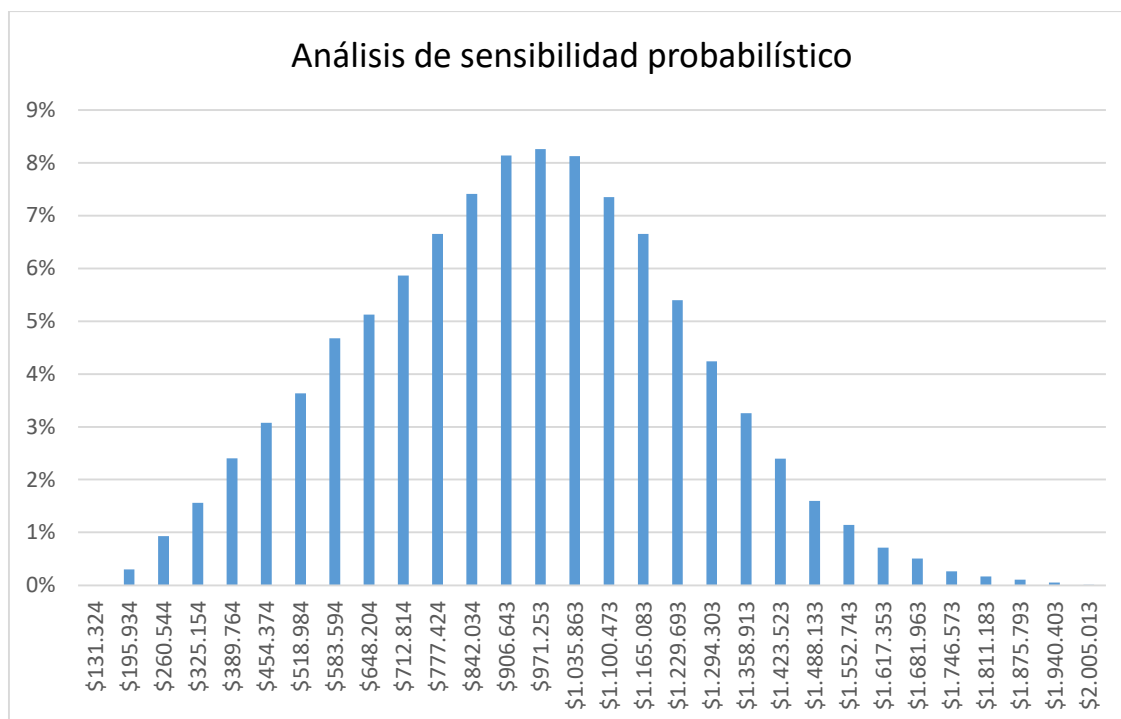
	Escenario Alternativo	Mínimo		Media		Máximo	
		Año 0	Años 1 a 50	Año 0	Años 1 a 50	Año 0	Años 1 a 50
Urbanización							
CO2 del suelo							
Impactos de la transformación del suelo		19,99		35,42		116,8	
Impactos de la ocupación del suelo			0,42		0,75		2,46
CO2 de la vegetación							
Impactos de la transformación del suelo		18,89		33,47		110,4	
Impactos de la ocupación del suelo			0,40		0,70		2,32
Impacto total suelo		38,88	0,82	68,89	1,45	227,2	4,78
Requerimientos energéticos			37,68		372,30		539,71
Alumbrado Público			5,76		5,76		5,76
Impacto total vivienda		0,00	43,44	0,00	378,06	0,00	545,47
Impacto total urbanización		38,88	44,26	68,89	379,51	227,2	550,25
Escenario base - Vid							
Emisiones Vid		1,63	1,63	1,68	1,68	1,74	1,74
Impacto total vid		1,63	1,63	1,68	1,68	1,74	1,74
Variación del Impacto Total		37,26	42,63	67,21	377,38	225,4	548,51

Fuente: Elaboración propia

VI.5.2 Interpretación de los resultados (Fase 4)

Si a los impactos de ambos escenarios se los valora con la TD media de 2,9% y el promedio de CSC_t para cada año t , el valor presente de la ocupación del suelo con vid es aproximadamente \$ US 4665 para la vid y \$876.931,75 para la urbanización. Luego, el valor presente neto del impacto por el cambio de uso de suelo de vid a urbano estimado utilizando la misma TSD y CSC_t es \$ US 885.297 por ha. El análisis de sensibilidad probabilístico (ASP) muestra una distribución triangular de los posibles valores que puede tomar, pudiendo variar entre \$ US 125.117 y \$ US \$ 1.946.013, dependiendo de la combinación de emisiones, precio y TD de acuerdo a sus respectivas distribuciones de probabilidad (Gráfico VI.1).

Gráfico VI. 1: Impacto ambiental sobre el potencial de regulación climático. ASP.



Fuente: Elaboración propia

Con una superficie de 36 has, el costo ambiental por la transformación y posterior ocupación del suelo en el terreno seleccionado para el caso de estudio, se valúa en \$ US 31.870.717, con valores extremos de \$ US 4.504.229 y \$ US 70.056.496.

Cuando se aplica descuento hiperbólico en lugar de exponencial, el valor actual de la variación de las emisiones de CO₂eq. es \$ US1.032.769 por ha, pudiendo variar entre \$ US136.378 y \$ US2.132.692, es decir, hay un incremento en el valor actual del daño producido por la conversión de un viñedo en urbanización.

Al analizar los otros dos escenarios de urbanización se observa que, si la urbanización del suelo se produjera sobre suelo con cobertura natural en lugar de un terreno cultivado con vid, la transferencia del C contenido en el suelo y la biomasa a la atmósfera, disminuyen en 15,33 tn/ha (Batjes, 2011) y 2 tn/ha (Müller-Wenk y Brandao, 2010). Si por el contrario en el escenario base el suelo es baldío, no hay C contenido en el suelo ni la biomasa y por lo tanto no hay liberación de CO₂ producto de la conversión.

A partir de estos valores y considerando las mismas emisiones de la urbanización, el costo económico promedio del impacto ambiental sobre el potencial de regulación

climático por el cambio en el uso del suelo es en promedio USD 812.588 y USD 811.447 por ha si la cobertura original es natural o si es baldío, respectivamente.

En la tabla VI.4 se muestra en valor actual neto del daño ambiental causado por la transformación y posterior ocupación de un viñedo de 36 has, utilizando descuento exponencial e hiperbólico; y luego el valor actual neto de dicho daño, pero por la urbanización de un terreno de igual superficie, baldío o con cobertura natural.

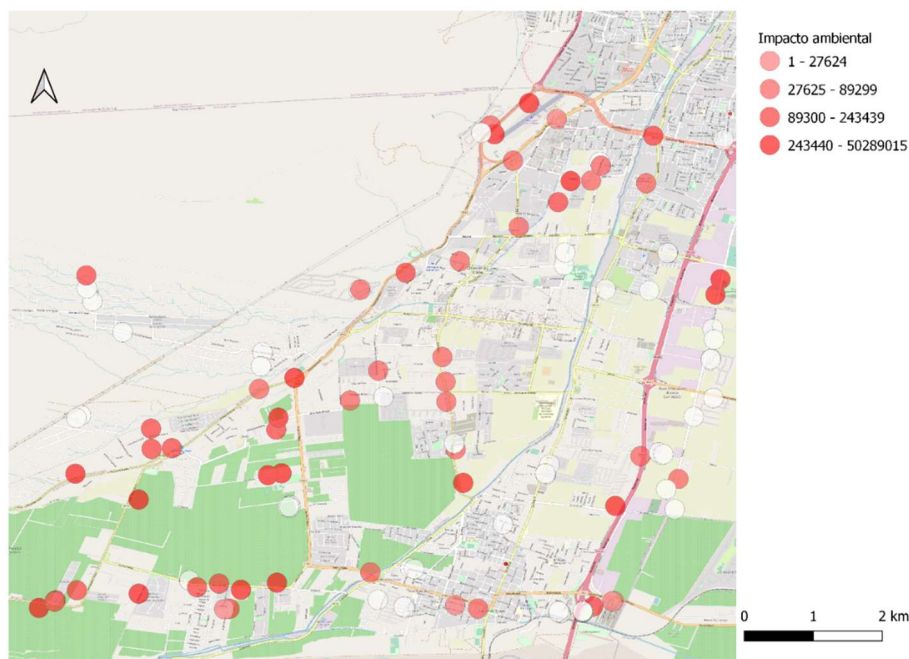
Tabla VI. 4: VAN daño ambiental según escenario de análisis

	Descuento exponencial	Descuento hiperbólico	Descuento exponencial	
	Viñedo		Cobertura Natural	Baldío
Máximo	\$ 1.946.013	\$ 2.132.692	\$ 1.876.711	\$ 1.782.876
Medio	\$ 885.297	\$ 1.032.769	\$ 819.977	\$ 778.978
Mínimo	\$ 125.117	\$ 136.378	\$ 107.971	\$ 102.572

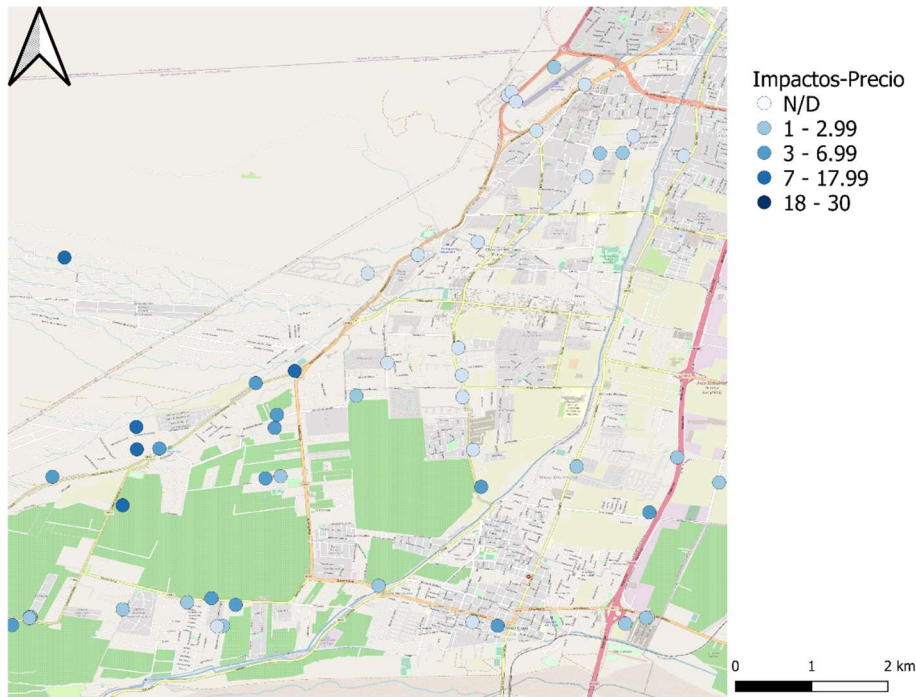
Fuente: Elaboración propia

Son dos los factores que influyen en la heterogeneidad territorial del costo ambiental estimado: la superficie y el uso del suelo original (Figura VI.2.a). Es importante mencionar que los terrenos correspondientes a N/D son aquellos en las que la transformación del suelo y el consecuente costo ambiental se desconocen ya que al comenzar el estudio la cobertura original ya había sido removida.

Figura VI. 2: Impacto ambiental por terreno.a)



b)



Fuente: Elaboración propia

Es notoria la subestimación del valor de los terrenos si no se incluyen los costos. De acuerdo a los observado en la Figura VII.2.b), el costo ambiental de la urbanización del suelo puede ser 30 veces el precio de los terrenos, reforzando la necesidad de incluir en el precio de los terrenos su costo ambiental.

VI.6 Conclusiones

Considerando las 114 has de cultivo, relevadas para la venta, el costo ambiental total de su urbanización es en promedio US \$99.296.210, con un rango de variación entre US \$11.288.161 y US \$224.888.697. Si en cambio se valoran únicamente las emisiones de CO₂, el costo ambiental promedio es US \$ 94.983.774. Si bien la diferencia no es significativa, esta surge porque bajo enfoque de ciclo de vida, se considera un impacto adicional por el mayor tiempo que permanece el CO₂ en el aire, impacto atribuible a la ocupación y no a la transformación del suelo. Esto es tenido en cuenta en el marco del análisis de ciclo de vida, pero no cuando se valoran las emisiones de CO₂.

Una de las desventajas de no aplicar el enfoque de ciclo de vida es no considerar algunas particularidades de los impactos ambientales. Ejemplo de esto es que la conversión del suelo, genera efectos por la transformación que perduran más allá del horizonte temporal original del proyecto o que la ocupación del suelo posterior a la conversión, aumenta el tiempo de permanencia del CO₂ en el aire. Por su parte, la desventaja del ACV es que agrega el valor de los impactos de manera atemporal, dado que ocurren en diferentes momentos y para su valoración no es adecuado ignorar esta dimensión, produciéndose inconsistencias con la teoría económica. Es necesario además incorporar la variabilidad del costo social del carbono. Entonces, sería bueno combinar las herramientas que provee la economía ambiental con las del enfoque de ciclo de vida y aprovechar la sinergia que se produce, para mejorar el análisis.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES FINALES

El principal objetivo de esta tesis fue contribuir a la sustentabilidad del uso del suelo en tierras secas desde una perspectiva que aborde los cambios en el bienestar de las personas por los impactos ambientales producto del uso del suelo en tierras secas. Se presentó como hipótesis de trabajo que la visión económica para identificar los costos asociados al impacto ambiental del uso del suelo condiciona la elección de la forma más adecuada de ocupación y transformación del territorio”.

En el Capítulo IV se identificó una función del tipo logarítmica-logarítmica para describir el proceso de formación de precios en Luján de Cuyo como caso de estudio. A partir de esto, los resultados de esta tesis muestran en primer lugar que el valor económico estimado del ambiente depende de la metodología de valoración utilizada: La valoración hedónica sólo capta el valor de uso del suelo, pero no el valor de no uso y opción, al no considerar la transformación que implica su urbanización. Esto no permite incorporar en la toma de decisiones los impactos ambientales de la transformación del suelo y si bien las personas valoran el medio ambiente, sus decisiones llevan a su destrucción.

Por otro lado, la valoración mediante la utilización del precio del carbono es más amplia. Al ser un precio normativo, estimado para que las emisiones de carbono sean las requeridas para el cumplimiento del Acuerdo de Paris (que el aumento de la temperatura o sea mayor a 2 grados centígrados a fin de siglo respecto a la época pre industrial), toma en cuenta el daño que se genera al ambiente x el carbono y refleja el valor de uso y no uso para todo el mundo. De acuerdo a los resultados expuestos en el Capítulo VI, el valor del suelo y el costo ambiental de su intervención no es homogéneo en el sector del área metropolitana de Mendoza correspondiente a Luján de Cuyo.

A partir de estos resultados, se confirma la hipótesis de trabajo, siendo necesaria la internalización de los costos ambientales para una planificación urbana adecuada. Además, se observó que los distritos sobre los que se está expandiendo Luján de Cuyo (Chacras de Coria y Vistalba) son aquellos con mayor impacto ambiental y la búsqueda de espacios verdes y contacto con la naturaleza lleva a su destrucción, al antropizar el paisaje.

Por esta razón, se buscó generar herramientas de planificación urbana que contemplen los impactos ambientales por el cambio del uso del suelo que permita disminuir los costos ambientales producto del sellamiento del suelo que provoca la urbanización indiscriminada del AMM. Esto sería posible mediante su inclusión en el precio de los terrenos.

Por cuestión de tiempo este trabajo no analizó la reacción de los agentes económicos frente a estas propuestas y no ofrece respuestas a esta inquietud, aunque se sabe que, al modificarse los precios relativos por la inclusión del costo ambiental, cambian las decisiones de los consumidores. Independientemente, se generaron herramientas para intentar resolverlo, proponiéndolo para futuros estudios. La integración de estos resultados podría permitir conocer cómo afecta a las decisiones de las personas la implementación de políticas públicas que incremente el precio de los terrenos, cuando su urbanización implica un cambio en el uso del suelo. A partir de la función de formación de precios identificada en el Capítulo IV, sería posible la implementación de un impuesto que contemple si hubo un cambio en el uso del suelo o la creación de un mercado voluntario de certificados de emisión de CO₂.

Además, como fue comentado a lo largo del manuscrito, se analizó el cambio en las emisiones de dióxido de carbono, pero hay otros servicios que también deberían ser analizados y que quedan como disparadores para futuros trabajos. Por ejemplo, lo que ocurre con el eno-turismo o con la provisión de agua dulce. Otro aspecto a considerar, es que las nuevas urbanizaciones vienen acompañadas de espacios verdes públicos y privados, que no generan emisiones de CO₂ o si lo hacen, es un valor despreciable, por lo que no se tienen en cuenta, pero sí llevan a la destrucción de espacios verdes, que es lo que las personas buscan al desplazarse hacia áreas no urbanas y cercanas a plazas y parques. Esto refuerza la necesidad de una planificación urbana que delimite y oriente la forma de expansión urbana.

Son muchas las posibilidades de estudio que se abren a partir de esto y, si bien existen numerosos estudios que buscan introducir la problemática ambiental en la planificación urbana, incluir estos costos o beneficios en la toma de decisiones podría brindar una nueva perspectiva de análisis.

Los principales aportes de esta tesis, son la estimación de una ecuación que explique el proceso de formación de precios de los terrenos ya que no se encontraron trabajos previos enfocados el Área Metropolitana de Mendoza ni en Luján de Cuyo; la integración de la valoración ambiental del ambiente, el Análisis de Ciclo de Vida y el cambio en el uso del suelo a partir de los estudios de Cao et al. (2015), Loiseau et al. (2017) y Wenk & Brandao (2010) es también un resultado importante de esta tesis, al hacer posible el cálculo de los costos ambientales por la expansión urbana en Mendoza, específicamente en Luján de Cuyo, tema que no ha sido abordado previamente.

Finalmente, otro aporte importante es la integración de la valoración ambiental y el Análisis de Ciclo de Vida y los aportes metodológicos sugeridos al factor de caracterización económico desarrollado por Cao et al. (2015).

BIBLIOGRAFÍA

- Abraham, L., & Alturria, L. (2013). Propuesta para el cálculo de huella de carbono en el cultivo de vid en la provincia de Mendoza, Argentina. *Facultad de Ciencias Agrarias*.
- Acuna, E., & Rodriguez, C. (2004). *A Meta analysis study of outlier detection methods in classification*.
https://www.researchgate.net/publication/228728761_A_meta_analysis_study_of_outlier_detection_methods_in_classification/citation/download
- Adobe. (n.d.). *Adobe*. <http://www.adobemza.com.ar/>
- Al-Mulali, U., Fereidouni, H. G., Lee, J. Y. M., & Sab, C. N. B. C. (2013). Exploring the relationship between urbanization, energy consumption, and CO2 emission in MENA countries. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 23, 107–112.
<https://doi.org/10.1016/J.RSER.2013.02.041>
- Aldy, J. E., & Stavins, R. N. (2012). The Promise and Problems of Pricing Carbon: Theory Experience. *The Journal of Environment & Development*, 21(2), 152–180.
- Ali, R., Bakhsh, K., & Yasin, M. A. (2019). Impact of urbanization on CO2 emissions in emerging economy: Evidence from Pakistan. *Sustainable Cities and Society*, 48, 101553. <https://doi.org/10.1016/J.SCS.2019.101553>
- Amadei, A. M., De Laurentiis, V., & Sala, S. (2021). A review of monetary valuation in life cycle assessment: State of the art and future needs. *Journal of Cleaner Production*, 329(November), 129668.
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.129668>
- Anselin, L. (1988). *Spatial Econometrics: Methods and Models*. 4.
<https://doi.org/10.1007/978-94-015-7799-1>
- Anselin, L. (2001). Spatial Econometrics. In *A Companion to Theoretical Econometrics*. Baltagi, B., editor.
- Anselin, L., Syabri, I., & Kho, Y. (2006). GeoDa : An Introduction to Spatial Data Analysis. *Geographical Analysis*, 38(1), 5–22. <https://doi.org/10.1111/J.0016-7363.2005.00671.X>
- Azqueta, D., Alviar, M., Dominguez, L., & Ryan, R. (2007). *Introducción a la economía ambiental* (Vol. 25, Issue 3).
<http://www.revista.unam.mx/vol.7/num7/art55/int55.htm>

- Balzarini, M., Gonzalez, L., Tablada, M., Casanoves, F., & Di Rienzo, J. (2008). *Infostat: manual del usuario*.
- Batjes, N. (2011). Soil organic carbon stocks under native vegetation – Revised estimates for use with the simple assessment option of the Carbon Benefits Project system VL - 142 DO -. *Agriculture Ecosystems & Environment*, 142, 365–373. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2011.06.007>
- Bird, N., Cowie, A., Cherubini, F., & Jungmeier, G. (2011). Using a Life Cycle Assessment Approach to Estimate the Net Greenhouse Gas Emissions of Bioenergy. *IEA Bioenergy*, 38.
- Brouwer, R. (2000). Environmental value transfer: state of the art and future prospects. *Ecological Economics*, 32(1), 137–152. [https://doi.org/10.1016/S0921-8009\(99\)00070-1](https://doi.org/10.1016/S0921-8009(99)00070-1)
- Burnham, K., & Anderson, D. (2002). Model Selection and Multi-model Inference: A practical information-theoretic approach. *Springer-Verlag. Second Edition*.
- Campos, J., Serebrisky, T., & Suárez-Alemán, A. (2016). *Tasa de descuento social y evaluación de proyectos: algunas reflexiones prácticas para América Latina y el Caribe*.
- Cao, V., Margni, M., Favis, B. D., & Deschênes, L. (2015). Aggregated indicator to assess land use impacts in life cycle assessment (LCA) based on the economic value of ecosystem services. *Journal of Cleaner Production*, 94, 56–66. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.01.041>
- Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas 2022, <https://censo.gob.ar/>
- CIPPEC (Centro de Implementación de Políticas Públicas para la Equidad y el Crecimiento). (2022). *HACIA EL DESARROLLO URBANO INTEGRAL DEL ÁREA METROPOLITANA DE MENDOZA (UNICIPIO)*.
- Civit, B., Córca, L., & Paris, M. (2019). Huella de Agua de Escasez en Propuesta de Mejora de Uso y Consumo de Agua en Urbanizaciones de Baja Densidad Edilicia. *UTN FRM - Red Argentina de Ciclo de Vida y RAHH*.
- Cliff, A., & Ord, K. . (1981). *Spatial Processes: Models and Applications*.
- Conte Grand, M. (2011). *Una primera aproximación a la valuación hedónica de la contaminación en Buenos Aires*.
- Conte Grand, M. (2017). Metodologías en Valuación de Impactos Ambientales. *Revista Integración & Comercio*, 21(41), 84–96.
- Córca, M. L., Civit, B., & Manrique, N. (2020). Propuesta de conjuntos habitacionales

compactos para optimizar el uso del agua y su impacto en tierras secas. *IX Encuentro Argentino de Ciclo de Vida y VIII Encuentro de La Red Argentina de Huella Hídrica. ENARCIV.*

- Córica, M. L., & Manrique, N. (2019). Evaluación de escenarios urbanos de baja densidad edilicia según las tendencias de crecimiento del área metropolitana de Mendoza. Estudio y aplicación de indicadores del urbanismo sustentable. *Anales: XXXVIII Encuentro y XXIII Congreso ARQUISUR. La Producción de La Ciudad Contemporánea En El Cono Sur: Desafíos y Perspectivas Desde La Arquitectura y El Urbanismo*, 1(112229). <https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/161312>
- Corvalán, F. (2018). *Variación del contenido de materia orgánica en suelos agrícolas de Guaymallén desde 1693 a 2018, utilizando machine learning*. Universidad Nacional de Cuyo.
- D'Elia, V. V., Conte Grand, M. C., & León, S. (2020). Bus rapid transit and property values in Buenos Aires: Combined spatial hedonic pricing and propensity score techniques. *Research in Transportation Economics*, 80, 100814. <https://doi.org/10.1016/J.RETREC.2020.100814>
- Darbá, J. (2006). La utilización de métodos probabilísticos para la evaluación económica de tecnologías sanitarias. *Gaceta Sanitaria*, 20(1), 74-77.
- De Laurentiis, V., Secchi, M., Bos, U., Horn, R., Laurent, A., & Sala, S. (2019). Soil quality index: Exploring options for a comprehensive assessment of land use impacts in LCA. *Journal of Cleaner Production*, 215, 63–74. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2018.12.238>
- Doménech, J., Martínez, M., & Fernández, M. (2010). La agricultura y el CO2. *Cuaderno de Campo*, 45, 5–11.
- Duque, J. C., Velásquez, H., & Agudelo, J. (2011). Infraestructura pública y precios de vivienda : una aplicación ponderada en el contexto de precios hedónicos. *Ecos de Economía*, 6(33), 95–122.
- Economipedia. (2022). *Logaritmos en econometría - Qué es, definición y concepto | 2022*. <https://economipedia.com/definiciones/logaritmos-en-econometria.html>
- Elhorst, J. P. (2014). *Spatial Econometrics*. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-40340-8>
- Evans, J., & Olson, D. L. (1998). *Introduction to Simulation and Risk Analysis* (Prentice H).
- Farreras, V., & Abraham, L. (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), 99–112.
- Fitte, R. E., & Cervini, A. C. (1939). Antecedentes para el estudio de normas para tasaciones urbanas en Capital Federal. *Talleres Del Banco Hipotecario Nacional, Buenos Aires, Argentina.*, 9.
- Funes, R., Biel Loscos, C., Vayreda, J., García Escudero, E., Aranda, X., & de Herralde Travería, F. (2014). El cultivo de la vid como sumidero de carbono en La Rioja. *I Jornadas Del Grupo de Viticultura y Enología de La SECH - Retos Actuales de I+D En Viticultura.*
- Glumac, B., Herrera-Gomez, M., & Licheron, J. (2019). A hedonic urban land price index. *Land Use Policy*, 81(March 2018), 802–812.
<https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2018.11.032>
- Gobierno de Mendoza. (2018). *Diagnóstico de Eficiencia Energético Municipio Luján de Cuyo, Mendoza.* <https://www.mendoza.gov.ar/unicipio/wp-content/uploads/sites/32/2018/06/Lujan-de-Cuyo.pdf>, 01/12/2020
- Gómez Piovano, J., & Mesa, A. N. (2017). Análisis de los hábitos de la población como herramienta para la planificación de los espacios verdes públicos. *ARQUISUR Revista*, 7(12), 78–89.
- Góngora Maldonado, J. M., Cazorla García, J., & Martínez Fernández, T. (2013). *Huella de carbono de un servicio de mantenimiento y gestión de jardines y parques públicos.* Escuela de Organización Industrial.
- González Velandia, K. D., Pérez, L. F., & Galeano, E. (2019). Análisis del ciclo de vida de un edificio residencial en Colombia. *Inventum*, 14(27), 3–14.
<https://doi.org/10.26620/uniminuto.inventum.14.27.2019.3-14>
- Goulder, L. H., & Schein, A. R. (2013). Carbon Taxes versus Cap and Trade: A Critical Review. *Climate Change Economics*, 4(3), 1–28.
- Gudiño, M. E. (2018). Regulación del mercado para conservar suelo agrícola. Interfaz urbano-rural, zona metropolitana de Mendoza, Argentina. *Revista de La Facultad de Ciencias Agrarias UNCuyo*, 50(2), 155–172.
<https://revistas.uncu.edu.ar/ojs3/index.php/RFCA/article/view/2953>
- Hardaker, A., Styles, D., Williams, P., Chadwick, D., & Dandy, N. (2022). A framework for integrating ecosystem services as endpoint impacts in life cycle assessment. *Journal of Cleaner Production*, 370(July), 133450.
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.133450>
- Herrera, M. (2018). *Fundamentos de econometría espacial aplicada* (pp. 107–156).

- Herrera, M., Cid, J. C., & Paz, J. A. (2012). Munich Personal RePEc Archive
Introduction to Spatial Econometrics : An application to the study of fertility in
Argentina using R . *Munich Personal RePEc Archive*, 41138.
- Herrera, M., & Mur, J. (2011). *¿Cuál matriz de pesos espaciales?. Un enfoque sobre
selección de modelos.*
https://www.academia.edu/27711730/_Cuál_matriz_de_pesos_espaciales_Un_enfoque_sobre_selección_de_modelos
- Inmoclick. (n.d.). *Inmoclick*. <https://www.inmoclick.com.ar/>
- Johnston, R., Rolfe, J., Rosenberger, R., & Brouwer, R. (2015). *Benefit Transfer of
Environmental and Resource Values. A Guide for Researchers and Practitioners.*
Springer.
- Kelman, S. (1981). Cost/Benefit Analysis: An Ethical Critique. *AEI Journal on
Government and Society Regulation*, 5(1), 33–40.
- Koellner, T., Baan, L., Beck, T., Brandão, M., Civit, B., Margni, M., Canals, L. M.,
Saad, R., Souza, D. M., & Müller-Wenk, R. (2013). UNEP-SETAC guideline on
global land use impact assessment on biodiversity and ecosystem services in LCA.
International Journal of Life Cycle Assessment, 18(6), 1188–1202.
<https://doi.org/10.1007/s11367-013-0579-z>
- Lesage, J., & Pace, K. (2009). Spatial Econometrics Introduction to. In *Systems
Engineering*.
- Ley 4341. Régimen de Loteos y Fraccionamiento de terrenos de Mendoza (15 de Mayo
de 1979). <http://www.saij.gob.ar/4341-local-mendoza-regimen-para-loteos-fraccionamiento-terrenos-lpm0004341-1979-05-15/123456789-0abc-defg-143-4000mvorpyel>
- Ley 4886. Disposición del suelo de zona oeste del gran Mendoza (24 de noviembre de
1983). <https://www.argentina.gob.ar/normativa/provincial/ley-4886-123456789-0abc-defg-688-4000mvorpyel/actualizacion108>
- Ley 6045. Protección de la flora y fauna silvestre-reservas naturales-parques
provinciales-monumentos naturales-paisajes protegidos (26/08/1993).
<https://www.argentina.gob.ar/normativa/provincial/ley-6045-123456789-0abc-defg-540-6000mvorpyel/actualizacion>
- Ley N° 8.051. Ordenamiento territorial de la Provincia de Mendoza (05 de Mayo de
2009). <https://www.mendoza.gov.ar/economia/wp->

- content/uploads/sites/44/2017/01/Ley-8051.pdf
- Ley 8195. Bosque nativo-programa nacional de protección de los bosques nativos-fondo nacional para la conservación de los bosques nativos (14/07/2010).
<https://www.mendoza.gov.ar/wp-content/uploads/sites/14/2016/08/Mendoza-Ley-8195-1.pdf>
- Ley N° 8.999. Plan Provincial de Ordenamiento Territorial (23-08-2017).
<https://www.mendoza.gov.ar/wp-content/uploads/sites/67/2022/09/Ley-8999-Plan-Ordenamiento-Territorial.pdf>
- Ley 26.639. Ley Nacional de Glaciares (28 de octubre de 2010).
<https://www.argentina.gob.ar/normativa/nacional/ley-26639-174117/texto>
- Lind, R. 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. Journal of Environmental, Economics and Management*, 18(2), 8–28.
- Loiseau, E., Aissani, L., Le Féon, S., Laurent, F., Cerceau, J., Sala, S., & Roux, P. (2018). Territorial Life Cycle Assessment (LCA): What exactly is it about? A proposal towards using a common terminology and a research agenda. *Journal of Cleaner Production*, 176, 474–485.
<https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2017.12.169>
- Loiseau, E., Roux, P., Junqua, G., Maurel, P., & Bellon-Maurel, V. (2013). Adapting the LCA framework to environmental assessment in land planning. *International Journal of Life Cycle Assessment*, 18(8), 1533–1548.
<https://doi.org/10.1007/s11367-013-0588-y>
- Lopez, H. (2008). *The Social Discount Rate : Estimates for Nine Latin American Countries*. <https://doi.org/10.1596/1813-9450-4639>
- Lopez Murphy, P. (2003). El precio social del capital en Argentina. *Economics Dissertation*.
- MÁRQUEZ CÁCERES, D. (2013). *ACTUALIZACIÓN DE LA TASA SOCIAL DE DESCUENTO EN EL MARCO DEL SISTEMA NACIONAL DE INVERSIÓN* [Universidad de Chile].
https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/113517/cf-marquez_dc.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Medina, C., Medina, E., & Bocardo, E. (2020). Valoración económica del secuestro y almacenamiento de carbono en la puna seca del suroeste del Perú. *Bosque*, 41(2),

- 165–172. <https://dx.doi.org/10.4067/S0717-92002020000200165>
- Meloni, O., & Ruiz Nuñez, F. (2002). EL PRECIO DE LOS TERRENOS Y EL VALOR DE SUS ATRIBUTOS. UN ENFOQUE DE PRECIOS HEDÓNICOS. *Academy of Management Journal*, 48(1–2), 11–143.
- MendozaPost. (2020). “Cuánto vale la hectárea de viña en Mendoza”, *MendoPost*.
- Mesa, A., & Giusso, C. (2014). Modelos de urbanización en tierras de alta vulnerabilidad ambiental: análisis de la ocupación de la periferia del área metropolitana de Mendoza. *Cuaderno Urbano*, 16(16), 5–26.
<https://doi.org/10.30972/CRN.1616191>
- Metcalf, G., & Weisbach, D. (2012). Policies When Tastes Differ: Linking Global Climate Policy in a Heterogeneous World. *Review of Environmental Economics and Policy*, 6(1), 110–128.
- Milà i Canals, L., Bauer, C., Depestele, J., Dubreuil, A., Freiermuth Knuchel, R., Gaillard, G., Michelsen, O., Müller-Wenk, R., & Rydgren, B. (2007). Key elements in a framework for land use impact assessment within LCA. *International Journal of Life Cycle Assessment*, 12(1), 5–15.
- Milà i Canals, L., Romanyà, J., & Cowell, S. J. (2007). Method for assessing impacts on life support functions (LSF) related to the use of “fertile land” in Life Cycle Assessment (LCA). *Journal of Cleaner Production*, 15(15), 1426–1440.
<https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2006.05.005>
- Monzani, F., Carranza, J. P., Piumetto, M. A., Salomón, M. J., Polo, R. E., Córdoba, M. A., María, Y., Monayar, V., & De, D. (2020). Análisis estadístico del impacto de la superficie, el frente y el fondo sobre el valor unitario de la tierra urbana. *Físicas Y Naturales*, 7(1), 41–51. www.mapascordoba.cba.gob.ar
- Moran, P. A. P. (1950). Notes on Continuous Stochastic Phenomena. *Biometrika*, 37(1/2), 17. <https://doi.org/10.2307/2332142>
- Müller-Wenk, R., & Brandão, M. (2010). Climatic impact of land use in LCA-carbon transfers between vegetation/soil and air. *International Journal of Life Cycle Assessment*, 15(2), 172–182. <https://doi.org/10.1007/s11367-009-0144-y>
- Muñiz, I., Calatayud, D., & García, M. A. (2007). Causas y efectos de la dispersión urbana. *La Ciudad de Baja Densidad: Lógicas, Gestión y Contención, 2007*, ISBN 978-84-9803-237-6, Págs. 307-347, 307–347.
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2666174>
- Mur, J., & Angulo, A. (2009). Model selection strategies in a spatial setting: Some

- additional results. *Regional Science and Urban Economics*, 39(2), 200–213.
<https://doi.org/10.1016/J.REGSCIURBECO.2008.05.018>
- Norton, A., & Herrera Gómez, M. (2020). *Una propuesta de medición de daño del delito y su impacto sobre los precios de Airbnb en la Ciudad de Buenos Aires*. 24.
https://www.economicas.unsa.edu.ar/ielde/archivos/docTrabajo/WPIelde_Nro24.pdf
- Observatorio del Colegio de Arquitectos de Mendoza (2016). “Avance urbano ya ganó 4.000 hectáreas”. <https://camza.org.ar/observatorio/?p=3608>. 18 de abril de 2022.
- Ordenanza n° 13495/2019. Plan Municipal de Ordenamiento Territorial (13 de septiembrede 2019). <https://lujandecuyo.gob.ar/2019/09/11/lujan-de-cuyo-aprobo-el-plan-municipal-de-ordenamiento-territorial/>
- Ordenanza n° 14.106/2021. Actualización del código de usos del suelo de Luján de Cuyo (20 de diciembre de 2021). <https://lujandecuyo.gob.ar/codigo-de-ocupacion-del-suelo/>
- Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y agricultura (FAO). (2023). *Servicios ecosistémicos y biodiversidad*.
- Ottmar, E., Michael, J., Creutzig, F., Flachslund, C., Fuss, S., Kowarsch, M., Lessmann, K., Mattauach, L., Siegmeier, J., & Steckel, J. C. (2015). Closing the emission price gap. *Global Environmental Change*, 31, 132–143.
- Pigou, A. C. (1920). *The Economics of Welfare*. Macmillan.
- Pizarro, R. (2021). *Sistemas de instrumentos de fijación de precios del carbono en América Latina y jurisdicciones de las Américas relevantes*.
- Properati. (n.d.). *Properati*. <https://www.properati.com.ar/>
- Rambaud, S. C., & Muñoz Torrecillas, J. M. (2005). Some considerations on the social discount rate. *Environmental Science & Policy, Elsevier*, 8(4), 343–355.
- Resolución SPE 110/1996. Boletín Oficial n° 28.423 (miércoles 26 de junio de 1996).
[http://www.enre.gov.ar/web/bibliotd.nsf/\(\\$IDWeb\)/3EF7E798976EF4CE0325706600608D5C](http://www.enre.gov.ar/web/bibliotd.nsf/($IDWeb)/3EF7E798976EF4CE0325706600608D5C)
- Rosen, S. (1974). Hedonic Prices and Implicit Markets: Product Differentiation in Pure Competition. *The Journal of Political Economy*, 82(1), 34–55.
- Santos y Ganges, L., & de las Rivas Sanz, J. L. (2008). Ciudades con atributos: conectividad, accesibilidad y movilidad. *Ciudades*, 11, 13–32.
<https://doi.org/10.24197/ciudades.11.2008.13-32>

- Schmalensee, R., & Stavins, R. (2015). Lessons learned from three decades of experience with Cap-and Trade. *National Bureau of Economic Research*, w21742.
- Schmidinger, K., & Stehfest, E. (2012). Including CO2 implications of land occupation in LCAs— method and example for livestock products. *International Journal of Life Cycle Assessment*, 17, 962–972. <https://doi.org/10.1007/s11367-012-0434-7>
- Serrano Moreno, R., & Vayá, E. (2002). Econometría espacial: Nuevas técnicas para el análisis regional. Una aplicación a las regiones europeas. *Investigaciones Regionales*, 1, 83–106.
- Sisleya y Vásquez Vásquez (2019). (2019). *Valoración económica de la captura de carbono en las especies Podocarpus sprucei y Oreocallis Grandiflore en el bosque protector Aguarongo*. Universidad Politécnica de Selesiana.
- Stern, W. (2006). *Stern Review on the Economics of Climate Change*.
- Tobler, W. (2004). On the First Law of Geography: A Reply. *Annals of the Association of American Geographers.*, 94(2), 304–310.
- Trovo Garofalo, D. F., Milagres, R., Novaes, L., Pazianotto, R. A. A., Gonçalves Maciel, V., Brandão, M., Shimbo, J. Z., & Folegatti-Matsuura, M. I. S. (2022). Land-use change CO 2 emissions associated with agricultural products at municipal level in Brazil. *Journal of Cleaner Production*, 364, 132549. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.132549>
- Varela, J. R. (2020). *Simula 5.0*. <https://github.com/varelajosericardo/Simulacion>
- Vayá Valcarce, E., & Serrano Moreno, R. (2000). *La Utilidad de la Econometría Espacial en el Ámbito de la Ciencia Regional*. <http://www.fedea.es/hojas/publicaciones.html#Documentos>
- World Bank. (2017). *Shadow price of carbon in economic analysis Guidance note*. 1–9.
- World Bank. (2021). *Desarrollo urbano: Panorama general*. Desarrollo Urbano: Panorama General. <https://www.bancomundial.org/es/topic/urbandevelopment/overview>
- World Bank. (2022). *Carbon Pricing Dashboard*. https://carbonpricingdashboard.worldbank.org/map_data
- Zapperi, P. A., Montico, A., & Santanafessa, E. (2020). Sellado de suelo y planeamiento urbano. Análisis de su relación en la ciudad de Bahía Blanca. *Geograficando*, 16(2), e075. <https://doi.org/10.24215/2346898Xe075>
- Zuluaga-Zuluaga, L., & Castro Escobar, E. S. (2018). Valoración de servicios ambientales por captura de CO2 en un ecosistema de Bosque seco Tropical en el

municipio de El Carmen de Bolívar, Colombia. *Luna Azul*, 47, 01–20.
<https://doi.org/10.17151/LUAZ.2019.47.1>