

**Análisis de decisión multi-criterio, aportes para una gestión sostenible del territorio rural del Partido de Balcarce**

**Multi-criteria decision analysis, contributions for a sustainable management of rural territory of the Balcarce Country**

**Alejandra Auer<sup>12\*</sup>; Paula Natinzon<sup>2</sup>; Natalia Murillo<sup>2</sup> y Juan Carlos Manchado<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET)

<sup>2</sup> EEA Balcarce, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). CONICET: Av. Rivadavia 1917, Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina.

E-mail: [aleauer@gmail.com](mailto:aleauer@gmail.com)

Auer, A., Natinzon, P., Murillo, N. & Manchado, J. C. (2020). Análisis de decisión multi-criterio, aportes para una gestión sostenible del territorio rural del Partido de Balcarce. *Revista Estudios Ambientales*, 8(1), 59-94.

**Recibido:** 26 de diciembre de 2019

**Aceptado:** 5 de julio de 2020

**Publicado:** 17 de julio de 2020

## RESUMEN

El territorio rural se está volviendo más homogéneo debido a ciertas fuerzas impulsoras como la intensificación agrícola que genera conflictos por el uso del suelo. Para modificar los desequilibrios territoriales se requiere de un proceso de gestión rural estratégico y consensado. El objetivo fue analizar cuatro alternativas de uso del suelo a través de un método de análisis multi-criterio para el partido de Balcarce en el sudeste de la provincia de Buenos Aires, Argentina. Las mismas se evaluaron a partir de la información de nueve criterios que abarcan las dimensiones de la sostenibilidad y bajo las preferencias de siete tomadores de decisiones, cinco con pesos simulados y dos con pesos obtenidos a partir de la consulta a personas relacionadas a la gestión del territorio y al sector académico. Los resultados muestran que ambos grupos de decisores consultados dieron un peso similar a los criterios, excepto que el sector académico ponderó menos la dimensión ecológica. La alternativa con una visión integral del territorio rural muestra en la mayoría de los casos el mejor resultado. La metodología muestra ser adecuada para la gestión del territorio rural.

**Palabras clave:** gestión rural, toma de decisiones, sostenibilidad, PROMETHEE, preferencias.

## ABSTRACT

Rural territory is becoming more homogeneous due to different drive forces, such as agricultural intensification, generating land use conflicts. Strategic and consensual rural management process is needed to modify these territorial imbalances. Our aim was to analyse four contrasting land use alternatives considering nine criteria that cover all sustainability dimensions through a Multi-Criteria Decision Analysis approach, for the rural area of Balcarce, Argentina. They were evaluated based on the information of nine criteria that cover the dimensions of sustainability and under the preferences of seven decision makers, five with simulated weights and two with weights obtained from consulting people related to the natural resources management and the academic sector. Results show that both decision makers interviewed gave similar weight to criteria, except that academic weighted less ecological dimension. The alternative with

an integral vision of territory shows in most cases the best result for all cases. The methodology shows to be suitable for rural planning.

**Keywords:** land use planning; decision making; sustainability; PROMETHEE, preferences.

## INTRODUCCIÓN

La conservación de los paisajes rurales está ganando importancia en la literatura académica (Antrop, 2005; Auer et al., 2017; Chuman y Romportl, 2010; Stenseke, 2013) y en las políticas públicas, como por ejemplo, el Convenio Europeo del Paisaje (Council of Europe, 2000). Sin embargo, estos paisajes se están volviendo más homogéneos debido a diferentes fuerzas impulsoras, como la intensificación agrícola, la urbanización, el abandono de la tierra o la deforestación (Chuman & Romportl, 2010; Tortora, Statuto, & Picuno, 2015). El valor productivo prevalece sobre la biodiversidad y la identidad local, generando controversias sobre el uso del suelo (Gras & Hernandez, 2016; J. M. Paruelo et al., 2006; Reboratti, 2008). En el siglo pasado, la proporción de tierras ocupadas por cultivos y ganado aumentó del 27% a más del 46% como consecuencia de la creciente demanda de alimentos, forraje, combustible y materias primas (United Nations, 2017). La presión sobre el suelo y la competencia por los recursos naturales también están aumentando en todo el mundo debido a la expansión no planificada de las ciudades, avanzando sobre el área rural de manera dispersa (United Nations, 2017), aumentando la dependencia de las capacidades productivas de los agroecosistemas (Ruiz y Domon, 2012) y rompiendo el equilibrio entre la ciudad y el campo (Antrop, 2005).

El paisaje es la percepción sensorial del entorno, mientras que el territorio resulta de la apropiación antrópica del espacio, es decir, es la configuración del espacio en objetos, posiciones, relaciones y lugares (Folch y Bru, 2017). El Territorio rural es un sistema socio-ecológico donde interactúan el espacio físico natural y el complejo conjunto de actores sociales, los cuales se apropian del paisaje y lo transforman a través de sus pensamientos, sentimientos y acciones, según el significado y la valoración que hacen de los distintos lugares, atributos y procesos (Brown y Raymond, 2007). Es decir, "el territorio rural surge cuando el espacio rural se apropia por una sociedad bajo un sistema de intencionalidades que organizan y cualifican ese espacio" (Sili, 2005:10).

Los desequilibrios territoriales se deben a la falta de gestión del uso del suelo (Antrop, 2005; Stenseke, 2013). Especialmente en aquellos países con escasa o sin regulación pública, la inversión privada ganó importancia, siendo los intereses individuales y de corto plazo los impulsores de los cambios en el uso y la cobertura del suelo (Baudron, 2007; Gómez-Baggethun & Ruiz-Pérez, 2011). Estos cambios han modificado la biodiversidad, alterado los procesos funcionales y disminuido la provisión de servicios ecosistémicos a la sociedad (Díaz, Fargione, Iii, & Tilman, 2006; Metzger, Rounsevell, & Acosta-michlik, 2006). Sin gestión, estos impulsores socio-económicos globales están empujando a la mayoría de los territorios rurales latinoamericanos en dos direcciones: una intensificación y expansión de la agricultura sobre el ganado o las tierras naturales, y el despoblamiento rural que conduce a la expansión urbana (Gras and Hernandez, 2016; Navarrete y Gallopín, 2007; Paruelo et al., 2006; Reboratti, 2008). Como consecuencia, los conflictos sociales, la pobreza y la vulnerabilidad de las comunidades rurales se han exacerbado (Overbeek, Kröger, & Gerber, 2012).

En Argentina, si bien la expansión acelerada del área de cultivo y la intensificación del uso del suelo (principalmente debido al cultivo transgénico de soja) tuvieron un efecto positivo en los valores económicos a corto plazo, han generado externalidades negativas (Gras y Hernandez, 2016; Manchado et al., 2012; Teubal, 2009). Estos efectos negativos fueron tanto en la dimensión ecológica (por ejemplo, degradación de los cuerpos de agua, pérdidas de biodiversidad y fragilidad de los ecosistemas) como en la dimensión socio-cultural (por ejemplo, despoblamiento rural, disminución de oportunidades de recreación y turismo, deterioro del patrimonio histórico-cultural y conflictos en áreas periurbanas) (Auer, Maceira & Nahuelhual, 2017; Auer, Nahuelhual & Maceira, 2018; Cabrini, Cristeche, De Prada, Dupleich & Engler, 2014; J. M. Paruelo et al., 2006; Porto-gonçalves, 2006).

Estos cambios en el uso del suelo afectan el territorio en todas sus dimensiones, modificando sus aspectos histórico-culturales, socio-demográficos, económico-productivos y político-institucionales. En situaciones de escasa o nula gestión territorial, estos cambios generan desbalances territoriales (Auer y Maceira, 2017), tanto espaciales (ej. crecimiento desordenado de las urbanizaciones, despoblamiento rural y conflictos en los peri-urbanos), como temporales (ej. priorización en la obtención de beneficios actuales con riesgo de sobreexplotación) y entre dimensiones

de la sostenibilidad (ej. mayor peso a la dimensión económica en detrimento de la ecológica y social), los cuales están interrelacionados.

Para poder hacer frente a estos desbalances se requiere de una gestión integral (Paruelo y Lateral, 2019), para la cual es necesario que los tomadores de decisiones a nivel institucional conozcan el territorio en sus diferentes dimensiones, tanto la ecológica, como la social y económico-productiva. Mientras que en los países desarrollados existe una fuerte intención de disminuir los efectos negativos mencionados en el párrafo anterior, en América Latina recientemente están surgiendo nuevas regulaciones sobre el uso de agroquímicos, con especial atención al almacenamiento (por ejemplo, Paraguay, Brasil), que buscan mitigar algunos de los impactos negativos de tendencia actual. En algunos países de Iberoamérica se ha avanzado en experiencias de desarrollo de planes de ordenamiento territorial o al menos, estaban incorporados en sus legislaciones (ej. Uruguay, México, Brasil, España) (Panizza y García Collazo, 2014). Estos procesos que surgen desde las instituciones son importantes, pero podrían tener un resultado a corto plazo y puntual (Groppo, 2014; Sandoval Escudero, 2014:20), siendo importante una mayor participación de la sociedad desde el inicio de la planificación territorial. Por otro lado, los procesos que surgen desde la sociedad, como los movimientos ecológicos o las redes de organizaciones civiles que buscan mejorar el ambiente y la salud de la vida humana (por ejemplo, Árboles sin fronteras, Argentina; Cerros vivos, Ecuador) podrían ser alternativas que requieren más tiempo y esfuerzo, pero con mejores resultados a largo plazo. Esto último debido a un mayor compromiso por parte de la población, quien participa e internaliza dichos valores y acciones, dando mayor estabilidad a sus decisiones o comportamientos.

Un desafío crítico para la gestión adecuada del territorio es la participación de las partes interesadas locales (por ejemplo, productores agropecuarios, administración local) a través de procesos participativos, que favorezcan el consenso en la construcción de alternativas de uso sostenible del suelo (Reed et al., 2009). Dado que los encargados de formular políticas tienen agendas de trabajo muy ajustadas, necesitan información simple pero completa para obtener mejores soluciones, siendo importante contar con estudios científico-técnicos que evalúen los impactos futuros del uso alternativo del suelo.

La falta de planificación hace que se acreciente la problemática relacionada a los desequilibrios territoriales antes expuestos, debiendo mejorar las herramientas que permitan a los tomadores de decisión llevar a cabo una gestión sustentable del territorio. El objetivo de este trabajo es analizar cuatro alternativas de uso del suelo a través de un método de análisis multi-criterio para el partido de Balcarce en el sudeste de la provincia de Buenos Aires, Argentina. Las mismas se evaluaron a partir de la información de nueve criterios que abarcan las dimensiones de la sostenibilidad y bajo las preferencias de siete tomadores de decisiones, cinco con pesos simulados y dos con pesos obtenidos a partir de la consulta a personas relacionadas a la gestión del territorio y al sector académico.

Luego del desarrollo de la problemática y el objetivo del trabajo, la presente sección continúa con la descripción del área de estudio. El artículo continúa con la presentación de la metodología donde se explica la herramienta utilizada para la consecución del objetivo propuesto y se detallan los pasos seguidos. Posteriormente, en la siguiente sección se desarrollan los resultados obtenidos junto con la discusión de los mismos, para finalizar el artículo con una breve conclusión.

#### **Área de estudio: Partido de Balcarce**

El área de estudio de este trabajo es el partido de Balcarce, ubicado en el sureste de la provincia de Buenos Aires (Argentina), el cual cubre una superficie de 4.115,3 km<sup>2</sup> (Figura 1). El mismo se caracteriza por ser una llanura ondulada entre las sierras del sistema Tandilia, con pequeños cursos y cuerpos de agua. Se encuentra en la subregión Pampa Alta y Pampa Deprimida, siendo el 75% de su suelo adecuado para cultivos (capacidad de uso del suelo categorías I a IV), mientras que el 25% restante es mayormente “no apta para cultivos”, principalmente con aptitud ganadera (categorías de capacidad de uso V a VIII) (INTA, 2002). Si bien en los últimos años las actividades económicas se han diversificado con el turismo y el desarrollo industrial, las principales actividades productivas continúan siendo la agricultura, tanto los cultivos extensivos (soja, trigo, girasol y maíz) como el cultivo de papas (cultivo intensivo típico en esta región), y la ganadería (Urcola, Arnauld de Sartre, Elverdin & Albaladejo, 2015). Como en otras regiones, en las últimas décadas ha habido un crecimiento de la “agricultura industrial” (Altieri, 1999; Pengue, 2017; Reboratti, 2008), donde la soja ha sido dominante: representó el 52% del área total de cultivo (promedio



campañas 2012/13-2014/15), disminuyendo ligeramente (42%) en 2015/16 y más pronunciadamente (31%) en las campañas 2016/17-2017/18 (SIIA, 2019) . En junio de 2016, el 57% de las tierras del partido estaban bajo este cultivo, siendo el 46% suelos con capacidad agrícola y el 11% en suelos no aptos para cultivos (UIB, 2017). Existe evidencia de que el tipo de cultivos y las prácticas de manejo actuales han afectado la provisión de diferentes servicios ecosistémicos (Barral y Maceira, 2012; Manchado et al., 2012).

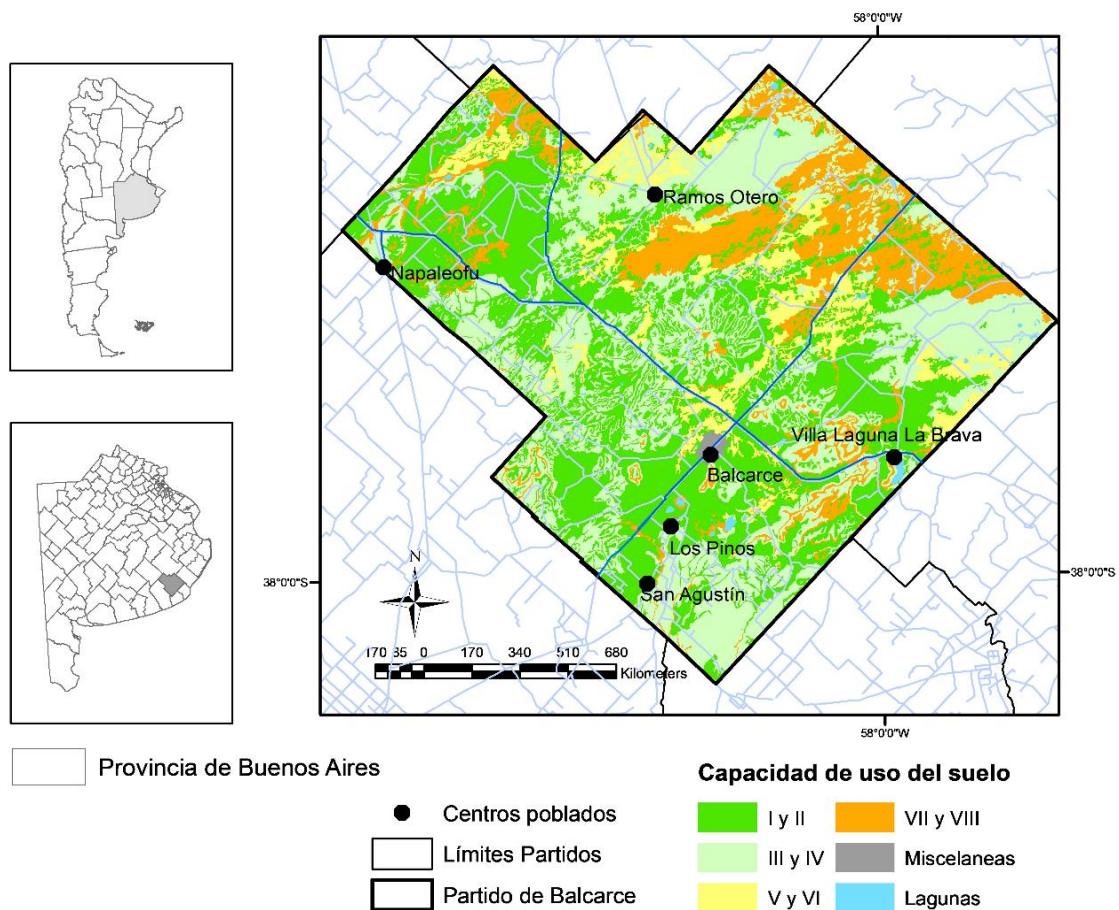


Figura 1: Partido de Balcarce según su capacidad de uso del suelo, cantidad de habitantes por localidad y carreteras principales. Fuente: elaboración propia en base a INTA (2002), INDEC (2010) e IGN (2012)

La población total de la ciudad capital, San José de Balcarce, aumentó de 42.039 habitantes en 2001 a 43.823 en 2010, lo que representa el 83,6% y el 87,6% de la población total, respectivamente (INDEC, 2010). Durante dicho período, la disminución en la población rural fue del 23% para la población rural dispersa y del 14% para las pequeñas localidades rurales, representando ambos (agrupada y dispersa) en 2010 el 12% de la población total, mientras que en 2001 representaba el 16% (INDEC, 2010). En las últimas décadas, el despoblamiento rural se aceleró debido a un aumento en la escala de producción, el arrendamiento para la actividad agrícola y la simplificación de los sistemas de producción bajo siembra directa. Dado que menos personas viven en el campo, el mantenimiento de los caminos rurales perdió importancia.

La preocupación por todos estos problemas hizo que, de 2008 a 2013, diferentes instituciones hayan trabajado conjuntamente en una propuesta de un Plan de Ordenamiento Ambiental Territorial Rural (POATR) (Maceira y Zelaya, 2014). El equipo técnico del proyecto se formó con profesionales de diferentes instituciones locales y provinciales, como la Unidad Integrada de Balcarce (UIB), que comprende la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Mar del Plata (UNMdP) y la Estación Experimental Agropecuaria (EEA) Balcarce del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), la Agencia Provincial para el Desarrollo Sostenible de la Provincia de Buenos Aires, la Facultad de Derecho de la UNMdP y funcionarios del poder ejecutivo y legislativo Municipal del Partido de Balcarce, entre otros participantes voluntarios. Para la identificación de los problemas existentes en el territorio y para la búsqueda de soluciones se llevaron a cabo talleres abiertos con la comunidad y sectoriales, respectivamente. Después de analizar la información obtenida a partir de la participación pública, el equipo técnico estableció el objetivo del POATR, el cual buscaba *“favorecer y promover el desarrollo sustentable del Partido de Balcarce en el marco de una equilibrada integración en la región y la Provincia de Buenos Aires, definiendo las estrategias de actuación territorial, formulando los programas y proyectos de acción y promoviendo un sistema de manejo y gestión ambiental del territorio rural”* (Maceira y Zelaya, 2014). Para el logro de los objetivos se generaron un conjunto de programas específicos (ej. educación ambiental territorial; valoración de la naturaleza y servicios ecosistémicos; agricultura y ganadería sostenibles). A su vez, se trabajó en instrumentos de gestión transversales (ej. sistema de información ambiental y territorial) (Maceira y Zelaya, 2014). Sin embargo, hasta la



fecha, la propuesta no fue aprobada y menos aún, implementada. En el marco de la propuesta del POATR, se desarrolló una propuesta para regular el uso de agroquímicos (última versión de 2013), donde se delimitaron diferentes zonas con limitaciones para la aplicación de agroquímicos por tierra y aire (por ejemplo, alrededor de escuelas y pueblos rurales), la cual, a la fecha, tampoco ha sido aprobada.

## **METODOLOGIA**

Los métodos de Análisis de Decisión de Criterios Múltiples (MCDA, en adelante) permiten analizar bajo qué criterios las alternativas muestran un buen comportamiento y bajo qué otros criterios su desempeño es deficiente, de forma de poder realizar la mejor elección de acuerdo a su propio esquema de preferencias (Fernández Barberis, 2002). Los MCDA son herramientas adecuadas para ayudar a las decisiones estructurales, ya que utilizan un proceso sistemático para comparar y evaluar diferentes alternativas, a menudo conflictivas, para encontrar una solución aceptada (De Prada et al., 2016; Liberati, Rittenhouse & Vokoun, 2016; Moreno, Aguarón & Escobar, 2001). Evitando el reduccionismo de la teoría económica clásica, este método permite superar algunas limitaciones relacionadas con los métodos de valoración monetaria (Barba-Romero, 1987; Fander y Burbano, 2004; Moreno et al., 2001; Wang et al., 2009). No sólo ayuda a superar uno de los principales desafíos en la gestión del territorio: la falta de información cuantitativa, sino que también incluye, además de diferentes unidades de medición, a posibilidad de tener en cuenta los intereses contrastantes de las personas al considerar en cuenta las preferencias de los tomadores de decisión.

El uso de estos métodos en estudios científicos ambientales ha tenido un crecimiento exponencial en las últimas dos décadas (Huang, Keisler & Linkov, 2011), algunos de ellos relacionados con la gestión ambiental (Fander y Burbano, 2004; Fontana et al., 2013; Pohekar y Ramachandran, 2004; Vassoney et al., 2017; Zheng et al., 2016) y la planificación territorial (Barba-Romero, 1987; Bournaris, Moulogianni & Manos, 2014; J. D. de Prada, Degioanni, Cisneros, Galfioni & G., 2012; Martínez-Sastre et al., 2017). La mayoría de ellos se llevaron a cabo en Europa y Asia (Vassoney et al., 2017), siendo deseable tener más experiencias en países de América Latina. Uno de los programas más utilizados para ello es el software Visual PROMETHEE 1.4 basado en comparaciones por pares y relaciones de superación (Huang et al., 2011; Moreno-

Jiménez, Aguarón Joven, Cano Sevilla & Escobar Urmeneta, 1998; Zheng et al., 2016).

El MCDA puede contribuir a llevar a cabo el proceso de toma de decisiones relacionado a la gestión del uso del suelo, considerado aquí como un proceso dinámico e iterativo (Figura 2). El proceso metodológico realizado se explica paso a paso en las siguientes subsecciones.

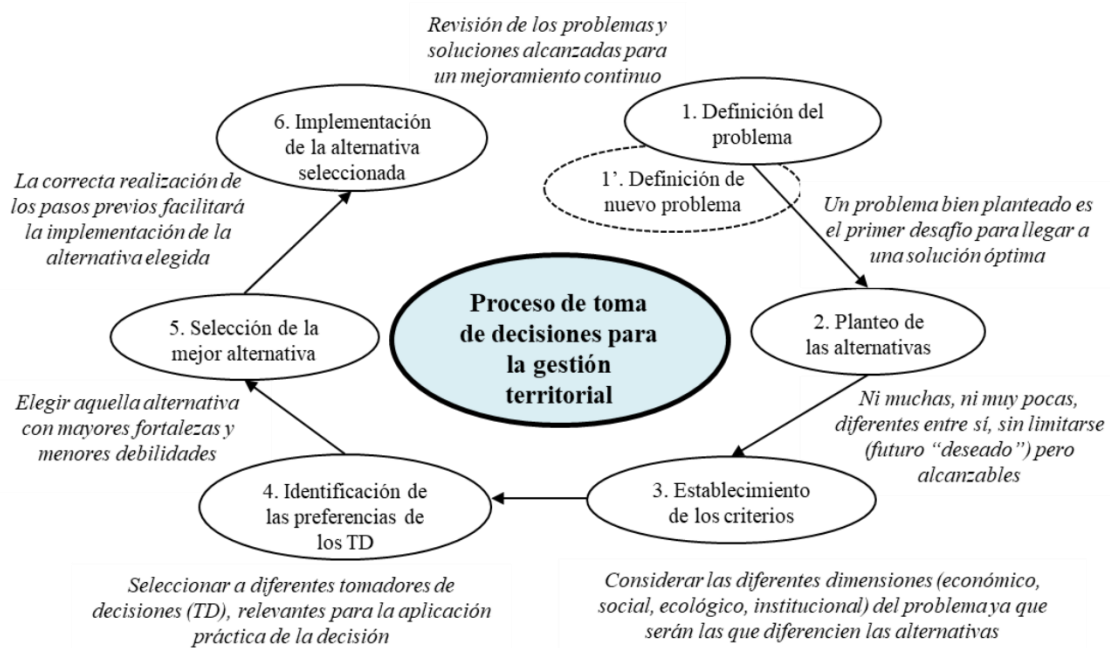


Figura 2. Proceso de toma de decisiones para la gestión del territorio.

### *Paso 1. Definición del problema*

El primer paso del método MCDA es definir la naturaleza del problema. Si bien es un paso simple, tiene implicaciones importantes en las etapas posteriores del proceso de toma de decisiones. Para este trabajo, el problema planteado fue: ¿cuál es la mejor alternativa de uso del suelo para una gestión sostenible del territorio rural de Balcarce?

### *Paso 2. Planteo de las alternativas*

La naturaleza del análisis requiere que las consecuencias de un escenario específico se puedan expresar en términos del conjunto elegido de criterios de decisión. Para

este trabajo, se propusieron cuatro alternativas, con diferentes visiones y niveles de intervención pública: una alternativa que refleje una "visión productivista" y una que refleje un "movimiento verde", considerando dos alternativas intermedias, una centrada en un problema específico ("regulación de agroquímicos") y otra más integral ("plan territorial ambiental"). Las alternativas se definieron bajo el supuesto de que originarán diferentes imágenes objetivas futuras, con un horizonte temporal de 15 años. La Tabla 1 muestra ciertas características relevantes para el análisis de cada una de las alternativas consideradas.

### *Paso 3. Establecimiento de los criterios*

Los criterios se definen como atributos cuyos valores dependen de cada alternativa. Pueden ser cuantitativos o cualitativos según su naturaleza y, en algunos casos, el tipo de información disponible para medirlos. Para cada criterio se debe definir el objetivo, es decir, una dirección deseada de cambio, siendo de maximizar (es mejor cuanto mayor valor toma el atributo) o de minimizar (es mejor cuanto menor sea). Para este trabajo, se seleccionaron nueve criterios que cubren todas las dimensiones de la sostenibilidad (Tabla 2). Los criterios fueron seleccionados por los autores a partir de una revisión bibliográfica (Bournaris et al., 2014; J. D. de Prada et al., 2012; J. De Prada et al., 2016) y posteriormente validado en la consulta realizada (ver sección 2.2.4). Seis criterios fueron cuantitativos y tres cualitativos, y seis tenían el objetivo de minimizar y tres de maximizar.

Tabla 1. Caracterización de las cuatro alternativas consideradas en este trabajo

Características/ Alternativas	I. Visión productivista	II. Regulación de agroquímicos	III. Plan territorial ambiental	IV. Movimiento verde
<b>Características generales</b>	Se proyecta la situación imperante en los últimos 10 años, consolidándose el modelo de "agricultura industrial"	Similar a la alternativa I, pero se ha adoptado un conjunto de regulaciones para el uso y manejo de agroquímicos	Aplicación de las directrices y programas incluidos en una propuesta integral de gestión territorial rural, como la presentada en Balcarce	Sensibilización a través de redes educativas e institucionales, generando un mayor contacto con la naturaleza y el estilo de vida rural
<b>Uso productivo del suelo</b>	La agricultura ocupa el 66% de la superficie, mientras que la ganadería el 24%	Similar a la Alternativa I	La agricultura ocupa el 46% de la superficie, equilibrándose con la ganadería (43%)	El porcentaje de área ganadera (38%) es ligeramente inferior al de la alternativa III
<b>Manejo agroecológico</b>	Ocupa el 0,5% de la superficie	Ocupa el 1,5% de la superficie, principalmente por las zonas de amortiguamiento en las áreas periurbanas y en los bordes de los arroyos, lagunas y colinas, establecidos en la reglamentación	Ocupa el 5% de la superficie, de conformidad con la regulación en el uso de agroquímicos, pero también con otros programas, como la conservación y la gestión sostenible de los recursos naturales	Ocupa el 15% de la superficie, promovido por programas de sensibilización de redes científicas y organizaciones de la sociedad civil
<b>Urbanización y población rural</b>	Leve aumento poblacional en la ciudad capital, pero de manera desorganizada, avanzando sobre tierra productiva. La población rural representa el 8% del total	Similar a la Alternativa I	Se promueve la ocupación de tierras para recreación y turismo, residencia rural, entre otros. La población rural representa el 15% del total	Similar a la alternativa III, se fomenta el estilo de vida rural. La población rural representa el 20% del total
<b>Infraestructura</b>	Las mejoras de infraestructura cubren solo el 5% de las carreteras principales	Similar a la Alternativa I	Las mejoras de infraestructura cubren el 2% de las carreteras principales y el 10% de las carreteras secundarias	Las mejoras de infraestructura cubren el 20% de las carreteras principales y secundarias
<b>Conflictos sociales</b>	Enfrentamiento entre los intereses económicos, particularmente de los grandes productores, y la calidad de vida y ambiental, reclamada por los vecinos, especialmente en referencia al uso intensivo de agroquímicos	Menos conflictos que en la Alternativa I debido al cumplimiento de la regulación sobre el uso de agroquímicos	Bajo nivel de conflictos debido al cumplimiento de todos los programas y regulaciones, y existe un mayor consenso en diferentes aspectos relacionados con el uso del espacio común	Enfrentamiento entre los mismos sectores que en la Alternativa I, pero debido a que predomina el estilo de vida "verde" y los grandes productores afirman que están privados de realizar su actividad libremente
<b>Nivel de intervención</b>	Continúa la tendencia actual de baja intervención estatal	Baja intervención estatal, salvo por la implementación y control de la regulación sobre el uso de agroquímicos	Nivel de intervención alto debido a la ejecución y monitoreo de diferentes programas y regulaciones	Nivel de intervención medio-alto debido a las acciones necesarias para cambiar el comportamiento ciudadano (ej. relacionado con agroquímicos, residencia rural)

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 2. Criterios por diferentes dimensiones de sostenibilidad, según su tipo y objetivo

Dimensión	Criterio	Tipo		Objetivo	
		Cuantitativo	Cualitativo	Maximizar	Minimizar
Ecológica	1. Uso agrícola en suelos de capacidad ganadera	x			x
	2. Uso de agua para riego agrícola	x			x
	3. Impacto ambiental por el uso de pesticidas	x			x
Socio-cultural	4. Porcentaje de población rural	x		x	
	5. Conservación del patrimonio cultural		x	x	
Económica	6. Ingresos brutos de la producción agrícola	x		x	
	7. Inversión en infraestructura vial	x			x
Política-institucional	8. Frentes de conflictos sociales		x		x
	9. Esfuerzo político-institucional		x		x

Fuente: Elaboración propia.

Los valores de cada criterio para cada alternativa se estimaron de la siguiente manera:

1. Uso agrícola en suelos de capacidad ganadera: porcentaje de tierra con capacidad de uso no agrícola destinada a la producción agrícola, estimada a partir de mapas de capacidad de uso del suelo y cobertura del Partido de Balcarce (UIB, 2017).

2. Uso de agua para riego agrícola: agua utilizada anualmente (expresada en mm / año) para riego de cultivos (papa, maíz y soja) y pastizales. Cálculos basados en información proporcionada por informantes calificados del Área de Investigación Agronómica de la UIB.

3. Impacto ambiental por el uso de pesticidas (EIQ): estimación del índice de impacto ambiental y de salud (tasa anual absoluta por hectárea por cada cultivo, dependiendo del ingrediente activo y las dosis) ponderado por el número de hectáreas ocupadas por cada cultivo (explicado en el criterio 6) (Kovach, Petzoldt, Degni & Tette, 1992). Cálculos aplicando la "Calculadora EIQ" (Cornell University EIQ, 2017).

4. Porcentaje de población rural: cociente entre el número de habitantes en las zonas rurales y el número total de habitantes a nivel partido (INDEC, 2010).

5. Conservación del patrimonio cultural: índice cualitativo (escala de "1" a "5"), donde "5" significa la mayor conservación. Estimación propia basada en los cambios producidos en diferentes atributos del paisaje rural ponderados por la importancia que

dichos atributos tienen en la provisión de tres servicios ecosistémicos culturales, como la identidad, el sentido de pertenencia y la herencia cultural (Auer et al., 2017).

6. Ingresos brutos de la producción agrícola: estimados para la producción primaria de las principales actividades a nivel partido expresadas en millones de dólares / año: cereales y oleaginosas (área sembrada y rendimientos (serie promedio 2007/2016; SIIA, 2017) y precios y monitoreo de políticas dirigidas a lograr cambios en el comportamiento ciudadano (de Prada et al., 2012).

Los últimos dos criterios hacen operativa la dimensión político-institucional en la construcción de las visiones potenciales del uso futuro del suelo bajo múltiples impulsores. Dada la escasez de información, los mismos se estimaron a partir del diseño de los escenarios planteados (ver Tabla 1), buscando capturar de forma cualitativa la distancia entre los requerimientos de cada alternativa y el comportamiento social actual.

7. Inversión en infraestructura vial: costo de mejora de las carreteras principales y secundarias calculado a partir de la información del mapa de la red de carreteras (metros) (IGN, 2012) y el costo aproximado del mejoramiento o conservación de la ruta (millones de dólares / metro, precio de mayo de 2017).

8. Frentes de conflictos sociales: índice cualitativo en una escala de "1" a "5", donde "5" significa la mayor cantidad de conflictos. Estimación propia basada en el número y la intensidad de los desacuerdos sociales, y el número de actores sociales involucrados (de Prada et al., 2012).

9. Esfuerzo político-institucional: índice cualitativo en una escala de "1" a "5", donde "5" significa un esfuerzo político "muy alto". Estimación propia basada en el número de programas implementados sopesan todos los criterios. El peso relativo asignado a cada criterio se señala en una escala de "0" (no relevante) a "10" (máxima importancia). Los valores entre "1" y "9" revelan grados de importancia intermedios (Wang et al., 2009). En este trabajo se realizaron cinco simulaciones y, de forma exploratoria, una consulta a dos grupos de actores locales vinculados a la gestión e investigación del territorio y sus recursos, de acuerdo con la recomendación para este tipo de análisis (Wang et al., 2009). Las simulaciones se basaron en otorgar el mayor peso (10) a los criterios que definen una sola de las dimensiones de la sostenibilidad (TD1: ecológica; TD2: socio-cultural; TD3: económica; TD4: político-institucional) y una quinta simulación con el mismo peso para todos los criterios (TD5). Para la consulta a



actores locales, en noviembre de 2017 se realizó un cuestionario estructurado *on line* a una muestra intencional no probabilística constituida por actores de instituciones o con profesiones vinculadas a los aspectos estudiados en este trabajo: cinco relacionados con la gestión de recursos naturales de la Municipalidad de Balcarce y organizaciones profesionales locales (por ejemplo, empleado de la Dirección de Espacios Públicos; miembro de Asociación de Ingenieros Agrónomos) (TD6: gestión) y cinco investigadores académicos relacionados con el uso del suelo, el desarrollo territorial o la sostenibilidad del suelo (por ejemplo, especialistas en economía agraria o en suelos) (TD7: academia). Se les pidió individualmente que calificaran de "0" a "10" los criterios enunciados en el paso 3 de acuerdo con su importancia para evaluar diferentes alternativas de uso y ocupación del suelo. También se les preguntó acerca de la pertinencia de dichos criterios para el propósito de la investigación y se les ofreció la posibilidad de proponer nuevos. Los valores obtenidos en cada consulta a cada grupo se promediaron para obtener la ponderación de cada criterio para el TD6 y TD7, respectivamente.

Cada ponderación se normalizó sobre la suma de todos los criterios (valor criterio  $i$  / suma todos los criterios) para dicho TD, de manera que los valores dados a los criterios queden expresados en porcentaje (%), siendo la suma total de los mismos el 100% para cada TD. Además, se calcularon la desviación estándar y el coeficiente de variación (desviación estándar / promedio).

#### *Paso 4. Identificación de las preferencias de los tomadores de decisión*

El método MCDA permite considerar las diferentes preferencias de los tomadores de decisión (TD, en adelante), quienes serie promedio 2012-16; Bolsa De Cereales, 2017)); cultivo de papa (área sembrada, rendimientos y precio, serie promedio 2012/2016; Argenpapa, 2017); ganado (stock y productividad (serie promedio 2012/2016; SENASA, 2017) y precios (promedio 2012/2016; IPCVA, 2017)). No se consideró un posible precio diferencial de la producción agroecológica debido a la falta de datos.

#### *Paso 5. Selección de la mejor alternativa*

Para comparar las alternativas en función de los criterios elegidos se debe realizar una "matriz de decisión", donde se incluyen las alternativas (filas) y los criterios

(columnas). La selección de la mejor alternativa se realiza analizando las fortalezas y debilidades de cada una de ellas, en función de los criterios considerados y las preferencias de los TD, a partir de los datos de la matriz de decisión. El detalle de los pasos seguidos para implementar el método PROMETHEE seguidos por Behzadian et al. (2010) y Mendoza y Martins (2006) se encuentra en el Anexo 1.

#### *Paso 6. Implementación de la alternativa seleccionada*

Todos los pasos anteriores tienen el objetivo final de implementar la solución elegida para el problema definido. Generalmente no se incluye como un paso en el proceso de toma de decisiones, pero se ha incluido para enfatizar la importancia de cerrar el ciclo, dado que en muchos casos el proceso llevado de manera satisfactoria queda sin implementarse, perdiendo todo el trabajo realizado. Para este trabajo este paso no se llevó a cabo porque excede el alcance de la investigación. Luego de implementar el método MCDA, el TD revisará y retroalimentará sus objetivos a partir de la nueva información en caso de no considerarla satisfactoria (Berbel Vecino, 1992; Moreno et al., 2001), comenzando un nuevo proceso de toma de decisiones.

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### *La matriz de resultados*

Los valores obtenidos para los criterios para cada alternativa se muestran en la Tabla 3. La alternativa IV tuvo el mejor resultado en cinco criterios, las alternativas I y III en tres y la alternativa II en un criterio. Se observó que la alternativa IV tuvo mejores resultados principalmente en la dimensión ecológica y socio-cultural, mientras que las alternativas I y II tuvieron principalmente en la económica, teniendo la alternativa III algunos criterios con mejores resultados en cada una de las otras tres dimensiones (Figura 3).

Tabla 3. Matriz de resultados con los valores obtenidos en cada criterio para las alternativas analizadas para el Partido de Balcarce

Alternativa/ Criterio	1. Uso agrícola / suelo ganadero(%)	2. Uso del agua para riego en la agricultura (mm / ha / año)	3. Impacto ambiental por uso de pesticidas (EIQ)	4. Porcentaje de población rural (%)	5. Preservación de Patrimonio Cultural <sup>1</sup>	6. Valor económico de la producción agropecuaria (millones de dólares / año)	7. Inversión en Infraestructura vial (millones dólares)	8. Frentes de conflicto <sup>2</sup>	9. Esfuerzo político-institucional <sup>3</sup>
I. Visión productivista	40	4,44	26,69	8	2	299,90	67,23	5	1
II. Regulación de agroquímicos	40	4,39	26,29	8	3	299,00	67,23	3	3
III. Plan territorial ambiental	20	2,86	17,34	15	4	217,31	205,06	1	5
IV. Movimiento verde	20	2,32	13,30	20	4	212,62	356,33	5	4
OBJETIVO	MIN	MIN	MIN	MAX	MAX	MAX	MIN	MIN	MIN

Fuente: Elaboración propia

<sup>1</sup> Preservación de Patrimonio Cultural: índice cualitativo (escala de "1" a "5"), donde "5" significa la mayor conservación. Estimación propia basada en los cambios producidos en diferentes atributos del paisaje rural ponderados por la importancia que dichos atributos tienen en la provisión de tres servicios ecosistémicos culturales, como la identidad, el sentido de pertenencia y la herencia cultural (Auer et al., 2017).

<sup>2</sup> Frentes de conflicto: índice cualitativo en una escala de "1" a "5", donde "5" significa la mayor cantidad de conflictos. Estimación propia basada en el número y la intensidad de los desacuerdos sociales, y el número de actores sociales involucrados (de Prada et al., 2012).

<sup>3</sup> Esfuerzo político-institucional: índice cualitativo en una escala de "1" a "5", donde "5" significa un esfuerzo político "muy alto". Estimación propia basada en el número de programas implementados y monitoreo de políticas dirigidas a lograr cambios en el comportamiento ciudadano (de Prada et al., 2012).

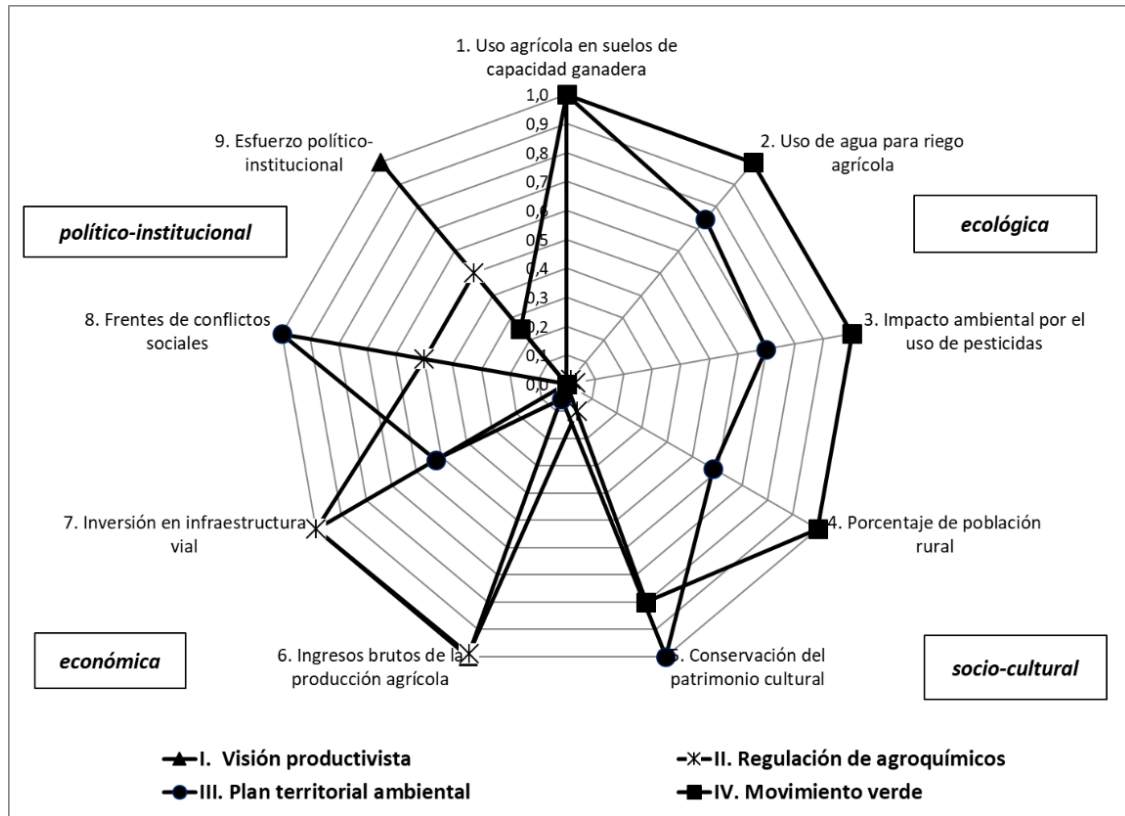


Figura 3. Valores estandarizados<sup>4</sup> de los criterios para las alternativas analizadas para el Partido de Balcarce

Los resultados de la alternativa I “visión productivista” reflejan la tendencia actual, centrada principalmente en la dimensión económica, lo que lleva a un territorio insostenible con consecuencias negativas, tanto en la dimensión social como en la ecológica (Gras y Hernandez, 2016; Teubal, 2009). Por otra parte, esta alternativa tiene un menor costo político dado que no implementa nuevos planes para resolver la situación actual, dejando que el mercado o las decisiones individuales sean las guías de acción. Sin embargo, en la actualidad la mayoría de los agroecosistemas se orientan a la provisión de unos pocos servicios ecosistémicos (ej. alimentos y combustibles) en detrimento de otros (ej. hábitat para vida silvestre, calidad de agua y oportunidades de recreación) (Pedro Laterra, Orúe & Booman, 2012; Viglizzo & Frank, 2006), lo cual incrementa el nivel de conflictos sociales, representando indirectamente un costo político de una sociedad con intereses encontrados sin resolver.

<sup>4</sup>Para una correcta visualización de los resultados, si el objetivo era minimizar, el valor se multiplicó por (-1) de forma que un valor mayor sea mejor.

Los resultados también muestran que tratar de resolver sólo uno de los problemas más importantes de esta tendencia a través de una regulación en el uso de agroquímicos (alternativa II), aunque es fundamental, no es suficiente, dado que prácticamente no cambia los resultados anteriores. La sanción de este tipo de normas, si bien se reduce el uso de agroquímicos, no necesariamente permite obtener los resultados esperados en cuanto a su implementación, siendo necesario para ello integrar a los productores y vecinos en las decisiones y considerar formas alternativas de producción (Giordano, Pérez, & Alberto, 2017; Palmisano, 2018). Estos resultados pueden contribuir a visualizar de manera objetiva que la aplicación de este tipo de regulaciones no necesariamente genera, al menos a nivel global, cambios tan drásticos como para no ser considerados, como sucedió en el partido de Balcarce. Esto es importante dado que, cuando se toman este tipo de decisiones -no implementar una regulación de este tipo- sin información completa o cuando prevalece el peso del poder económico, se generan perturbaciones en el socio-ecosistema y se limita la provisión de una gama de servicios ecosistémicos, afectando el bienestar de la población local (Auer y Maceira, 2017). Este tipo de decisiones puede relacionarse con el costo político que tiene el proceso de construcción e implementación de este tipo de normativas, dado que se generan tensiones y salen a la luz las diferencias de visiones e intereses entre los actores sociales (Giordano et al., 2017). Aún así, la problematización en torno a la aplicación de plaguicidas fue creciendo a la par del uso de agroquímicos, habiendo hacia 2017 al menos 41 municipios de la Provincia de Buenos Aires que contaban con ordenanzas que vedaban las aplicaciones terrestres a diversas distancias de los poblados (Palmisano, 2018).

Por otro lado, la alternativa IV “movimiento verde” tuvo buenos resultados en los criterios de las dimensiones ecológica y socio-cultural, lo cual es importante cuando se considera el largo plazo. Sin embargo, generar un cambio en esta dirección también puede representar un costo económico y político-institucional que los TD, quienes a menudo tienen una visión a corto plazo, no quieren pagar, lo cual refleja una falta de políticas estatales integrales y de largo plazo. Sin embargo, en los últimos años se visualiza desde diferentes sectores de la sociedad, una tendencia tanto en el consumo como en la producción de alimentos agroecológicos, respaldados recientemente por

un programa provincial de promoción a la agroecología<sup>5</sup>, acciones para el tratamiento, separación y reutilización de residuos<sup>6</sup>, la creación de Reservas Naturales Privadas<sup>7</sup>, entre otros movimientos que buscan una relación más saludable con la naturaleza. Los resultados visualizan que en muchos casos se requiere del trabajo articulado con las instituciones públicas a través de programas, redes de actores, etc. que permitan fortalecer este tipo de iniciativas para que se sostengan en el tiempo.

Por su parte, la alternativa III “Plan territorial ambiental” ha mostrado buenos resultados en las diferentes dimensiones, siendo la alternativa con un enfoque más holístico del socio-ecosistema, que comprende tanto sus componentes como sus interacciones y la interdependencia entre éstos, lo cual favorece su integración a las políticas públicas (Galán, Balvanera, & Castellarini, 2012). Sin embargo, como se mencionó, la “mejor” opción puede no ser elegida si las decisiones se toman sin las herramientas propicias o si se permite la influencia de aquellos actores con mayor capital, principalmente económico, en los procesos territoriales (Alejandra Auer & Maceira, 2017). Este juego de intereses y poder en el territorio se relaciona en muchos casos con la mayor responsabilidad que se le da a los municipios respecto del desarrollo local, pero sin estar acompañado de recursos para la toma de decisiones y sin autonomía financiera, lo cual genera una ruptura del contrato social y de la cohesión social (Groppo, 2014). La matriz de resultados expresa el mayor costo político que tiene esta alternativa-que refleja la implementación de un plan de ordenamiento territorial- frente a las demás, siendo su contraparte el mejor resultado en cuanto a los frentes de conflictos.

#### *Ponderación de los TD consultados*

Los pesos promedios dados por los TD consultados y el coeficiente de variación para cada criterio se muestran en la Figura 4. Contrario a lo esperado, no hubo grandes diferencias en el peso dado entre los grupos ni entre las dimensiones dentro de cada grupo, excepto que el TD7 le dio menos peso a la ecológica. El TD7 tuvo mayores diferencias entre los criterios, lo cual se reflejó en la desviación estándar de sus respuestas (SD = 2,44) en comparación con el TD6 (SD = 1,90). En promedio, el TD7

<sup>5</sup> RESO-2020-78-GDEBA-MDAGP - Crea el programa provincial de “Promoción de la Agroecología” (EX-2020-11791120- GDEBA-DSTAMDAGP)

<sup>6</sup> Ley 13.592 – Ley de gestión integral de residuos sólidos urbanos

<sup>7</sup> <https://reservasprivadas.org.ar/#>



ponderó bajo los criterios "uso agrícola en suelos de capacidad ganadera " y "uso del agua para el riego agrícola". Sin embargo, debe tenerse en cuenta que estos criterios han tenido un alto coeficiente de variación, en particular en el primer criterio que fue del 73%. Otros criterios con coeficiente de variación relativamente alto fueron "frentes de conflictos sociales" (38%) para el TD7 e "ingresos brutos de la producción agrícola" (43%) para el TD6.

Los resultados de la consulta exploratoria sobre las preferencias de los actores relacionados con la gestión del territorio (TD6) mostraron una visión integral y no sólo orientada a considerar el costo económico y político de sus decisiones. De hecho, dieron mayor peso a la dimensión ecológica que los actores académicos (TD7). Esto se puede relacionar con las "respuestas políticamente correctas" o porque los gestores, cuando tienen la información clara de indicadores que comúnmente no analizan, comienzan a tener una visión más completa del territorio. En el mismo sentido, el hecho de que los académicos pesen más lo político-institucional y económico se podría deber a que respondieron desde cómo debería ser, es decir, que exista un mayor esfuerzo en resolver los conflictos sociales o un mayor nivel de inversión en infraestructura vial. El alto coeficiente de variación en algunos criterios, como el de "uso agrícola en suelos de capacidad ganadera", muestra la disparidad de respuestas, lo cual puede deberse a los pocos casos consultados, siendo esto una limitante del trabajo; también puede deberse al nivel de conocimiento sobre algunos conceptos por parte de las personas consultadas. Estos resultados muestran que, dentro de un mismo grupo, hay una diversidad de actores con puntos de vista diferentes del territorio, dado que las preferencias se basan en cuestiones personales, profesionales, éticas, culturales, contextuales, entre otros aspectos (Martín-lópez, Gómez-Baggethun, Marina García-Llorente, & Montes, 2014).

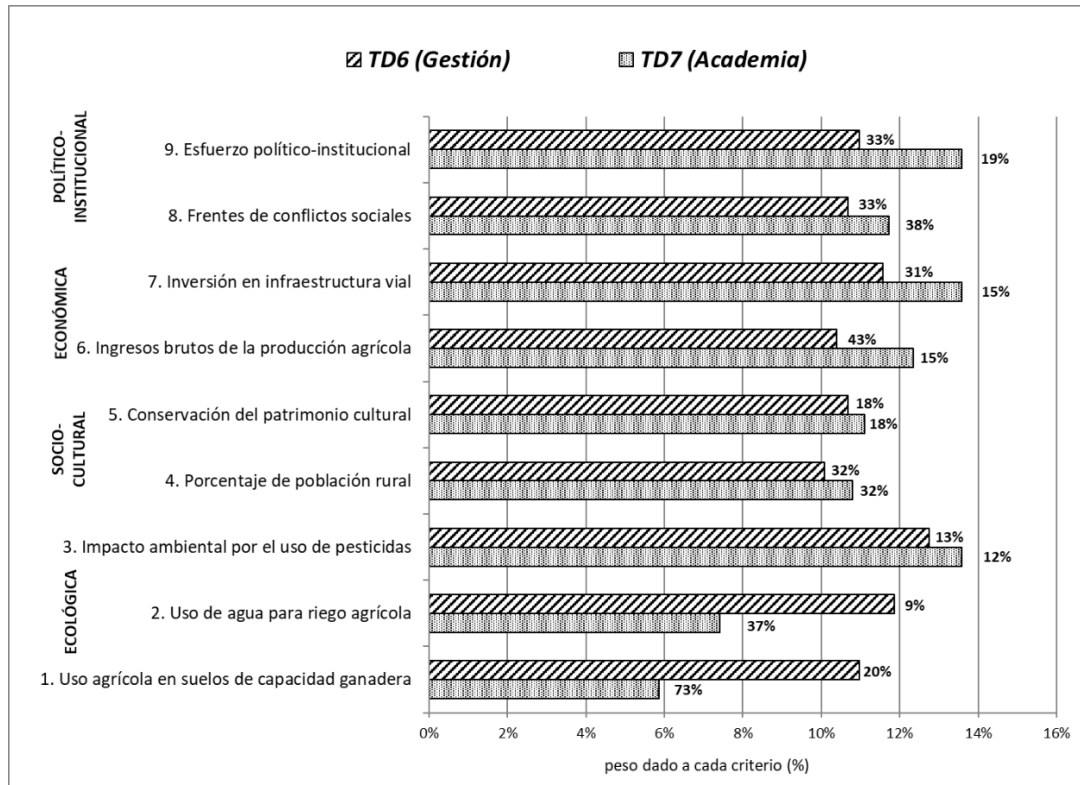


Figura 4. Ponderación de los criterios por los TD consultados: actores vinculados a la Gestión (TD6) y a la Academia (TD7). Las barras representan el peso dado (porcentaje expresado en el eje X) a cada uno de los nueve criterios analizados (eje Y) para las distintas dimensiones: ecológica, socio-cultural, económica, político-institucional. Los porcentajes al costado de la barra representan el coeficiente de variación (desviación estándar / media)

El aporte del método MCDA para la gestión del territorio, ayuda a hacer visibles las preferencias de los TD con una mirada integral, ya que todas las dimensiones deben ser ponderadas, además de hacer que el proceso de toma de decisiones sea más consciente y consensuado. Los resultados obtenidos con esta muestra de actores del territorio, nos dan información sobre la importancia de tener en cuenta que, para este tipo de decisiones, se requiere de una diversidad de TD, incluyendo a habitantes de las comunidades locales, representantes de movimientos conservacionistas, de las industrias, de los sistemas agroproductivos y aquellos que valoran los fines recreativos (Mendoza y Martins, 2006). La participación de diversos actores para resolver problemas territoriales puede contribuir a una mayor aceptación de la alternativa elegida, así como facilitar su implementación. A su vez, contribuye y enriquece el proceso en sí mismo al discutir los resultados de cada criterio para las diferentes alternativas y hacer visibles las preferencias individuales. De hecho, pueden surgir

nuevas alternativas más consensuadas, por lo que el proceso podría verse también como un espacio de negociación y creación colectiva. Aún así, involucrar a una variedad de partes interesadas, con diferentes preocupaciones e intereses, puntos de vista y valores, es un desafío importante para facilitar estos procesos de abajo hacia arriba a través de un contexto de democracia, confianza, transparencia y participación (Stenseke, 2013; Vassoney et al., 2017).

#### *El método PROMETHEE*

Los resultados netos (diferencia entre fortalezas y debilidades) dependen de las preferencias de cada TD (Tabla 4). La alternativa III fue la mejor opción tanto para los TD consultados (TD6 y TD7) como para los TD simulados donde el peso estaba en la dimensión político-institucional (TD4) y donde todas las dimensiones tenían el mismo peso (TD5). La Alternativa II fue preferida cuando la simulación ponderó la dimensión económica (TD3), mientras que la Alternativa IV se prefirió cuando la simulación ponderó más a la dimensión ecológica y la socio-cultural (TD1 y TD2, respectivamente). La alternativa I no fue elegida en ningún caso.

Tabla 4. Resultados netos para cada alternativa según las preferencias de los TD, simulados (\*) y consultados (TD6 y TD7)

Alternativas/TD	TD1*	TD2*	TD3*	TD4*	TD5*	TD6	TD7
I. Visión productivista	-0,506	-0,458	0,328	0,053	-0,174	-0,177	-0,088
II. Regulación de agroquímicos	-0,500	-0,458	0,329	0,054	-0,171	-0,175	-0,104
III. Plan territorial ambiental	0,439	0,387	-0,194	0,185	0,222	0,217	0,157
IV. Movimiento verde	0,568	0,529	-0,462	-0,292	0,123	0,135	0,035

Fuente: Elaboración propia.

La Figura 5 y la Figura A.1 en el Anexo 2 muestran los resultados netos, fortalezas y debilidades de las alternativas de acuerdo con las preferencias de los TD consultados y simulados, respectivamente. Los resultados para las preferencias simuladas mostraron que con un mayor peso en la dimensión ecológica (TD1) o en la socio-cultural (TD2), la alternativa IV, seguida de la III, tuvieron un mejor resultado neto, debido a las altas fortalezas y las bajas debilidades. Lo contrario ocurrió cuando se otorgó mayor peso a la dimensión económica (TD3), donde las alternativas II y I

tuvieron mejores resultados netos, si bien la diferencia entre fortalezas y debilidades no fue tan marcada como en las anteriores. Cuando se otorgó el peso a la dimensión político-institucional (TD4), todas las alternativas mostraron grandes debilidades, si bien las alternativas I, II y III también tenían grandes fortalezas, siendo la alternativa III la de mejor resultado neto. Cuando se otorgó igual peso a todos los criterios (TD5), se destacaron las altas fortalezas para las alternativas III y IV y las mayores debilidades para las alternativas I y II, lo que dio a la alternativa III un mejor resultado neto. Este resultado fue similar al de los TD consultados (TD6 y TD7) dado que, como se mostró en la sección 3.2, no tuvieron grandes diferencias de preferencia entre dimensiones.

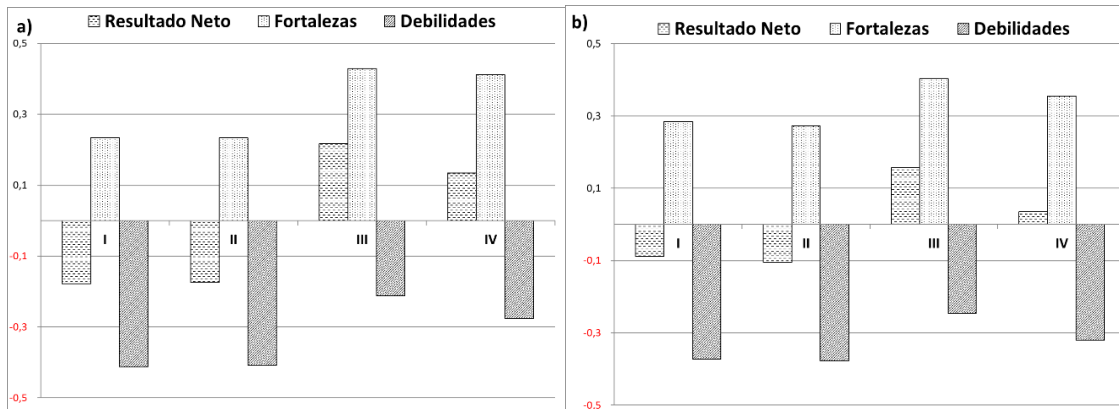


Figura 5. Resultados netos, fortalezas y debilidades de las alternativas de acuerdo con las preferencias de los TD consultados: a) Gestión; b) Academia.

Si se comparan estos resultados con los obtenidos de la matriz de resultados (Tabla 3) se visualiza la importancia de integrar las preferencias de los TD en el proceso de decisión. Por ejemplo, en la matriz de resultados la alternativa que obtuvo mejores resultados fue la IV, pero al integrar las preferencias de los TD, esta alternativa tiene mejores resultados únicamente cuando el mayor peso está otorgado a la dimensión ecológica o a la socio-cultural. Por otro lado, las alternativas I y III estaban equiparadas en la matriz de resultados, dado que las dos tenían los mejores resultados en tres criterios y, sin embargo, al integrar las diferentes preferencias de los TD, la alternativa I no es elegida en ningún caso y la III en gran parte de ellos. Este último planteo merece especial atención ya que la alternativa I, como se planteó anteriormente, se describe la tendencia actual del territorio con lo cual, queda claro que la toma de decisiones se basa en la consideración de sólo unos pocos criterios económicos de corto plazo.

---

En la mayoría de los TD analizados se han preferido la alternativa III “Plan territorial ambiental” demostrando que es integral y sostenible, en coincidencia con Cisneros et al. (2011) que analizaron diferentes alternativas de planificación espacial para una cuenca en el sur de Córdoba (Argentina). Estos resultados también concuerdan con Martínez-Sastre et al. (2017), quienes descubrieron que el paisaje multifuncional era la mejor opción en el análisis biofísico y social de criterios múltiples, incluso cuando los actores locales lo consideraban como el escenario más deseable pero el más difícil de lograr. En este sentido, es necesario el trabajo mancomunado del sector político junto al resto de sectores de la sociedad, dado que *“la responsabilidad de orquestar el mantenimiento de los servicios ecosistémicos y de garantizar su acceso para el beneficio de todos los actores de la sociedad, descansa en mayor medida en el estado, en sus organismos en los distintos niveles y sectores, en las políticas públicas que se definan y en las estrategias de gestión que se adopten”* (Galán et al., 2012:22).

#### *Importancia para la gestión territorial*

Sin una visión integral, el territorio rural es el resultado de numerosas decisiones tomadas por diferentes personas que actúan de manera no concertada, cada uno en su propia parcela de tierra, dejando en muchos casos un rompecabezas desordenado y caótico (Antrop, 2005; Stenseke, 2013). Hoy en día, los intereses económicos ponen en juego no sólo el suministro de servicios ecosistémicos de regulación, fundamentales para la sustentabilidad de los sistemas, sino también aspectos socio-culturales relacionados con las tradiciones y costumbres que son componentes esenciales de los paisajes rurales y, consecuentemente de los servicios ecosistémicos culturales (Auer et al., 2017; Tortora et al., 2015). Esto se debe a que existe una brecha entre el nivel de toma de decisiones respecto a la gestión pública a nivel del paisaje y las decisiones privadas a nivel individual, siendo la participación local uno de los objetivos dentro de las estrategias de conservación de la naturaleza y las políticas territoriales (Stenseke, 2013). Este trabajo buscó visualizar la diferencia de resultados al incorporar no sólo diferentes TD, sino también criterios que muchas veces quedan relegados en la toma de decisiones, como la conservación de los paisajes rurales, siendo estos aspectos socio-culturales críticos a tener en cuenta al desarrollar una gestión territorial efectiva (Martín-lópez et al., 2014). Especialmente en la gestión del uso del suelo donde los valores sociales están en juego, no sólo se deben considerar

alternativas y criterios relevantes y originales que cubran todas las dimensiones de la sostenibilidad, sino también todos los TD que afectan o se ven afectados (real o potencialmente) por cambios en el territorio (Fander & Burbano, 2004; Huang et al., 2011; Wang et al., 2009).

En este sentido, las políticas públicas pueden contribuir al desarrollo sostenible al promover la movilización de capacidades y recursos del territorio. Por lo tanto, es importante que los decisores incorporen este tipo de metodología, ya que cumple con las demandas de los métodos científicos, como rigor, solidez, accesibilidad y publicidad, y a su vez, son métodos fáciles de usar (Huang et al., 2011; Moreno et al., 2001; Zheng et al., 2016). Los resultados muestran su potencial para resolver, no sólo problemas locales y específicos (por ejemplo, planificación hidroeléctrica sostenible), sino también problemas territoriales a mayor escala y complejidad, en coincidencia con Zheng et al. (2016).

## CONCLUSIONES

En este estudio se analizaron cuatro alternativas de uso del suelo a través de un método de análisis multi-criterio para el partido de Balcarce, en el sudeste de la provincia de Buenos Aires, Argentina. La alternativa más integral, que consideraba aspectos relacionados a una propuesta de plan de ordenamiento ambiental territorial, tuvo mejores resultados netos entre fortalezas y debilidades. Al considerarse las diferentes preferencias de tomadores de decisión, el peso de los criterios tendió a ser equilibrado, si bien fue una consulta exploratoria y no se consideraron todos los actores, siendo ésta una limitante del estudio. El trabajo mostró la utilidad de considerar un conjunto de criterios que representan las diferentes dimensiones de la sostenibilidad para buscar una mejor elección dentro de las posibilidades futuras de uso del suelo. De lo contrario, como suele ser el caso, prevalecen los criterios económicos y de corto plazo. La participación social es otro factor clave a considerar en la gestión territorial rural, preferiblemente desde el principio del proceso y abarcando la mayor diversidad y representatividad de los actores sociales locales. Como herramienta que facilita estos aspectos, el MCDA mostró ser un método relevante para ser utilizado en la gestión territorial debido a su fortaleza estructural que ayuda a resolver problemas sociales y ambientales. Especialmente en los países de América Latina que enfrentan el gran desafío de administrar sus territorios de una



manera más justa y transparente, incluidas las voces de todos los actores locales. En este sentido, es fundamental continuar avanzando en el análisis del territorio con una mirada sistémica y con las herramientas que lo facilitan, de manera de favorecer la adopción de alternativas integrales por parte de los tomadores de decisión para la consecución de una gestión sustentable del territorio rural.

### AGRADECIMIENTOS

Esta investigación se desarrolló en el marco del proyecto de investigación INTA PNSEPT 1129024 "Gestión, acceso y uso de recursos naturales, bienes comunes y servicios ecosistémicos". Los autores agradecen las recomendaciones del Dr. Jorge de Prada y de la Dra. Claudia Mikkelsen.

### BIBLIOGRAFIA

- Altieri, M. A. (1999). The ecological role of biodiversity in agroecosystems. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 74, 19–31.
- Antrop, M. (2005). *Why landscapes of the past are important for the future*. 70, 21–34. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2003.10.002>
- Argenpapa. (2017). On-line potato information in Argentina. Sitio Web: Argenpapa. Com.Ar, accessed: March 2017.
- Auer, A., Maceira, N., & Nahuelhual, L. (2017). Agriculturisation and trade-offs between commodity production and cultural ecosystem services: A case study in Balcarce Country. *Journal of Rural Studies*, 53, 88–101. <https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2017.05.013>
- Auer, A., & Maceira, N. (2017). ¿Quién domina los procesos territoriales? Importancia de los diferentes capitales para un desarrollo sustentable: Caso de estudio: Partido de Balcarce, Argentina. *Pampa (Santa Fe)*, (15), 47–81. Retrieved from [http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2314-0208201700010003&lng=es&nrm=iso&tlng=es](http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2314-0208201700010003&lng=es&nrm=iso&tlng=es)
- Auer, A., Nahuelhual, L., & Maceira, N. (2018). Cultural ecosystem services trade-offs arising from agriculturization in Argentina: A case study in Mar Chiquita Basin. *Applied Geography*, 91, 45–54. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2017.12.025>
- Barba-Romero, S. (1987). Panorámica actual de la decisión multicriterio discreta.

- Investigaciones Económicas (Segunda Época)*, XI(2), 279–308.
- Barral, P., & Maceira, N. (2012). Land use planning based on ecosystem service assessment: A case study in the Southeast Pampas of Argentina. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 154, 34–43.
- Baudron, S. (2007). El mundo global y la transformación de las áreas metropolitanas de América latina. In S. de N. (Coord.) (Ed.), *Globalización y Agricultura Periurbana en la Argentina. Escenarios, Recorridos y Problemas*. Ed. CLACSO. pp.41-54.
- Behzadian, M., Kazemzadeh, R., Albadvi, A., & Aghdasi, M. (2010). PROMETHEE: A comprehensive literature review on methodologies and applications. *European Journal of Operational Research*, 200, 198–215.
- Berbel Vecino, J. (1992). Planificación del uso del territorio y programación matemática multicriterio,. *Revista Estudios Agro-Sociales*, 159(May), 171–188. Retrieved from <http://helvia.uco.es/xmlui/bitstream/handle/10396/5569/rea.1.pdf?sequence=1>
- Bolsa De Cereales. (2017). *On-line crops information - Argentina*.
- Bournaris, T., Moulgianni, C., & Manos, B. (2014). A multicriteria model for the assessment of rural development plans in Greece. *Land Use Policy*, 38, 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2013.10.008>
- Brown, G., & Raymond, C. (2007). *The relationship between place attachment and landscape values: Toward mapping place attachment*. 27, 89–111. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2006.11.002>
- Cabrini, S., Cristeche, E., De Prada, J., Dupleich, J., & Engler, P. (2014). Percepción sobre el Impacto Ambiental de la Producción Agropecuaria de la Región Pampeana Argentina. *Libro de Resúmenes Del 1º Congreso Latinoamericano Sobre Conflictos Ambientales. Oportunidades Para Una Gestión Sustentable Del Territorio*.
- Chuman, T., & Romportl, D. (2010). Multivariate classification analysis of cultural landscapes: An example from the Czech Republic. *Landscape and Urban Planning*, 98, 200–209. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2010.08.003>
- Cisneros, J., Grau, J., Antón, J., De Prada, J., Degioanni, A., & Al, E. (2011). Evaluación multicriterio de alternativas de ordenamiento territorial utilizando modelos hidrológicos y de erosión para una cuenca representativa del sur de Córdoba. In P. Laterra, E. Jobbágy, & J. Paruelo (Eds.), *Valoración de servicios ecosistémicos: conceptos, herramientas y aplicaciones para el ordenamiento territorial*. INTA, Buen, pp. 553–579.

- Council of Europe. (2000). European Landscape Convention. *Council of Europe Publishing Division, Strasbourg*.
- De Prada, J. D., Degioanni, A., Cisneros, J. M., Galfioni, M. A., & G., A. C. (2012). Diseño y evaluación de propuestas de ordenamiento de territorio: la urbanización sobre tierras rurales. In *XLIII Reunión Anual de la Asociación Argentina de Economía Agraria*.
- De Prada, J., Degioanni, A., Cantero, A., Tello, D., Gil, H., Cahe, E., ... Pereyra, C. (2016). Procedimiento multicriterio en fases para construcción de la visión territorial local. Aplicación en la localidad de Santa Eufemia, Córdoba, Argentina". *XLVII Reunión Anual Asociación Argentina de Economía Agraria*.
- Díaz, S., Fargione, J., Iii, F. S. C., & Tilman, D. (2006). *Biodiversity Loss Threatens Human Well-Being*. 4(8). <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.0040277>
- Fander, P., & Burbano, R. (2004). Instrumentos económicos para la gestión ambiental: decisiones monocriteriales versus decisiones multicriteriales. *Revista Iberoamericana de Economía Ecológica*, 1, 11–20.
- Fernández Barberis, G. M. (2002). Los Métodos PROMETHEE: una Metodología de Ayuda a la Toma de Decisiones Multicriterio Discretas. *Serie Monográfica. Revista Rect*. Retrieved from <http://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:LOS+MÉTODOS+PROMETHEE+:+Una+Metodología+de+Ayuda+a+la+Toma+de+Decisiones+Multicriterio+Discretas#0>
- Folch, R., & Bru, J. (2017). Territorio y Paisaje. In *Ambiente, Territorio y Paisaje*. Ed. Barcin.
- Fontana, V., Radtke, A., Bossi, V., Tappeiner, U., Tasser, E., Zerbe, S., & Buchholz, T. (2013). Comparing land-use alternatives : Using the ecosystem services concept to de fi ne a multi-criteria decision analysis. *Ecological Economics*, 93, 128–136. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2013.05.007>
- Galán, C., Balvanera, P., & Castellarini, F. (2012). *Políticas públicas hacia la sustentabilidad: Integrando la visión ecosistémica* (CONABIO). México.
- Giordano, G., Pérez, M., & Alberto, R. A. (2017). Ordenanzas que restringen el uso de agroquímicos : análisis de la experiencia de Villa San José , provincia de Santa Fe. *Revista de La Facultad de Agronomía, La Plata*, 116(2), 279–286.
- Gómez-Baggethun, E., & Ruiz-Pérez, M. (2011). Economic valuation and the commodification of ecosystem services. *Progress in Physical Geography*, 35(5),

- 613–628. <https://doi.org/10.1177/0309133311421708>
- Gras, C., & Hernandez, V. (2016). *Radiografía del nuevo campo argentino. Del terrateniente al empresario transnacional* (Siglo Vein).
- Grosso, P. (2014). EL SISTEMA TERRITORIAL Y LOS ACTORES: MECANISMOS DE PARTICIPACIÓN Y NEGOCIACIÓN EN PROCESOS DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL. In J. M. Paurelo, E. G. Jobbágy, . Laterra, H. Dieguez, M. A. García Collazo, & A. Panizza (Eds.), *Ordenamiento territorial rural. Conceptos, métodos y experiencias* (UBA, MAGyP, pp. 232–248). Buenos Aires.
- Huang, I. B., Keisler, J., & Linkov, I. (2011). Multi-criteria decision analysis in environmental sciences: Ten years of applications and trends. *Science of the Total Environment*, 409(19), 3578–3594. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2011.06.022>
- Instituto Geográfico Nacional {IGN}. (2012). Atlas geográfico de la República Argentina, Vol. 250 <http://www.ign.gov.ar/NuestrasActividades/sigign#descarga>.
- INDEC. (2010). National population and housing. *Census. National Institute of Statistics and Census of Argentina Website*. [http://www.Indec.Gov.Ar/Nivel2\\_default.Asp?Seccion%3dP%26id\\_tema%3d2](http://www.Indec.Gov.Ar/Nivel2_default.Asp?Seccion%3dP%26id_tema%3d2). accessed: March 2015.
- INTA, I. N. de T. A. (2002). *Cartas de suelos de la República Argentina, Provincia de Buenos Aires. Escala 1:50.000* [En línea] <http://anterior.inta.gov.ar/suelos/cartas/>.
- IPCVA, I. de P. de la C. V. A. (2017). No Title.
- Kovach, J., Petzoldt, C., Degni, J., & Tette, J. (1992). A method to measure the environmental impact of pesticides. *New York's Food and Life Sciences Bulletin. NYS Agricultural Experimental Station, Cornell University, Geneva, NY*.
- Laterra, P., Orúe, M. E., & Booman, G. C. (2012). Spatial complexity and ecosystem services in rural landscapes. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 154, 56–67. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2011.05.013>
- Liberati, M. R., Rittenhouse, C. D., & Vokoun, J. C. (2016). Beyond protection: Expanding “conservation opportunity” to redefine conservation planning in the 21st century. *Journal of Environmental Management*, 183, 33–40. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2016.08.041>
- Maceira, N., & Zelaya, K. (2014). Plan de ordenamiento ambiental territorial rural (POATR) del partido de Balcarce: fichas de sistematización de información de proyectos vinculados al ordenamiento territorial rural en la Argentina. En Paruelo,

- J, Jobbágy, E., Lateral, P., Dieguez, H., García, M. & Panizza, A. (Eds.), *Ordenamiento territorial: conceptos, métodos y experiencias*. FAO-MAGyP, pp. 432-440.
- Manchado, J., Natinzon, P., Mosciaro, M., & Tosi, J. (2012). Aplicación del Análisis Multicriterio al Estudio de la Sustentabilidad en Sistemas de Producción Agropecuarios en el Sudeste Bonaerense. *XLIII Reunión Anual de La Asociación de Economía Agraria*.
- Martín-lópez, B., Gómez-Baggethun, E., Marina García-Llorente, M., & Montes, C. (2014). *Trade-Offs across Value-Domains in Ecosystem Services Assessment*. (June 2016). <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2013.03.003>
- Martínez-Sastre, R., Ravera, F., González, J. A., López Santiago, C., Bidegain, I., & Munda, G. (2017). Mediterranean landscapes under change: Combining social multicriteria evaluation and the ecosystem services framework for land use planning. *Land Use Policy*, 67(October 2016), 472–486. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2017.06.001>
- Mendoza, G. A., & Martins, H. (2006). Multi-criteria decision analysis in natural resource management: A critical review of methods and new modelling paradigms. *Forest Ecology and Management*, 230(1–3), 1–22. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2006.03.023>
- Metzger, M. J., Rounsevell, M. D. A., & Acosta-michlik, L. (2006). *The vulnerability of ecosystem services to land use change*. 114, 69–85. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2005.11.025>
- Moreno-Jiménez, J. M., Aguarón Joven, J., Cano Sevilla, F., & Escobar Urmeneta, M. T. (1998). Validez, robustez y estabilidad en decisión multicriterio. Análisis de sensibilidad en el proceso analítico jerárquico. *Revista de La Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 92(4), 387–397. Retrieved from <http://eprints.ucm.es/20720/1/Cano53.pdf>
- Moreno, J. M. J., Aguarón, J. J., & Escobar, M. T. U. (2001). Metodología Científica en Valoración y Selección Ambiental. *Operacional, Pesquisa*, 21(1), 1–16.
- Navarrete, D. M., & Gallopín, G. (2007). *Integración de políticas, sostenibilidad y agriculturización en la pampa argentina y áreas extrapampeanas*.
- Overbeek, W., Kröger, M., & Gerber, J.-F. (2012). Una panorámica de las plantaciones industriales de árboles en los países del Sur. Conflictos, tendencias y luchas de resistencia. *Informe de EJOLT*, 3, 104.

- Palmisano, T. (2018). Las agriculturas alternativas en el contexto del agronegocio. Experiencias en la provincia de Buenos Aires, Argentina. *Estudios Sociales. Revista de Alimentación Contemporánea y Desarrollo Regional*, 28(51), 1–28.
- Panizza, A., García Collazo, M. A. (2014). Experiencias de ordenamiento territorial en Iberoamérica. In M. G. C. y A. P. Paruelo JM, EG Jobbágy, P Lateralra, H Dieguez (Ed.), *Ordenamiento Territorial: Conceptos, Métodos y Experiencias*.(p. 576). Retrieved from <http://www.fao.org/3/a-i4195s.pdf>
- Paruelo, J. M., Guerschman, J. P., Piñeiro, G., Jobbágy, E. G., Verón, S. R., Baldi, G., & Baeza, S. (2006). Cambios en el uso de la tierra en Argentina y Uruguay: marcos conceptuales para su análisis. *Agrociencia*, X(2), 47–62.
- Paruelo, J. M., & Lateralra, P. (2019). *El lugar de la naturaleza en la toma de decisiones. Servicios ecosistémicos y ordenamiento territorial rural* (CICCUS).
- Pengue, W. (2017). El vaciamiento de “las pampas.” In *Fundación Heinrich Böll Stiftung*.
- Pohekar, S. D., & Ramachandran, M. (2004). Application of multi-criteria decision making to sustainable energy planning - A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 8(4), 365–381. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2003.12.007>
- Porto-gonçalves, C. W. (2006). *El desafío ambiental* (Programa d).
- Reboratti, C. (2008). Desarrollo agropecuario, ambiente y población rural. In O. T. Solbrig & J. Adámoli (Eds.), *Agro y ambiente: una agenda compartida para el desarrollo sustentable* (Foro de la).
- Reed, M. S., Graves, A., Dandy, N., Posthumus, H., Hubacek, K., Morris, J., ... Stringer, L. C. (2009). Who ' s in and why? A typology of stakeholder analysis methods for natural resource management. *Journal of Environmental Management*, 90(5), 1933–1949. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2009.01.001>
- Ruiz, J., & Domon, G. (2012). Relationships between rural inhabitants and their landscapes in areas of intensive agricultural use: A case study in Quebec (Canada). *Journal of Rural Studies*, 28, 590–602.
- Sandoval Escudero, C. . (2014). Métodos y aplicaciones de la planificación regional y local en América Latina. In *Instituto Latinoamericano y del Caribe de Planificación Económica y Social (ILPES)* (Vol. 3).
- SENASA, S. N. de S. y C. A. (2017). No Title.
- SIIA, S. integrado de I. A. (2019). [http://www.siia.gov.ar/\\_apps/siia/buscador/mostrar.php](http://www.siia.gov.ar/_apps/siia/buscador/mostrar.php).[.



- Sili, M. (2005). *La Argentina rural: de la crisis de la modernización agraria a la construcción de un nuevo paradigma de desarrollo de los territorios rurales*. Edicione.
- Stenseke, M. (2013). *Land Use Policy Local participation in cultural landscape maintenance : Lessons from Sweden*. 26(2009), 214–223. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2008.01.005>
- Teubal, M. (2009). Expansión de la soja transgénica en la argentina. In M. Perez (Ed.), *Promesas y peligros de la liberalización del comercio agrícola: lecciones desde América Latina*. pp. 73–90. Retrieved from [https://ase.tufts.edu/gdae/Pubs/rp/wg/Agric%0AultureBook\\_Span/PromesasPeligrosCh4Teubal.p](https://ase.tufts.edu/gdae/Pubs/rp/wg/Agric%0AultureBook_Span/PromesasPeligrosCh4Teubal.p)
- Tortora, A., Statuto, D., & Picuno, P. (2015). Rural landscape planning through spatial modelling and image processing of historical maps. *Land Use Policy*, 42, 71–82. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2014.06.027>
- UIB, L. de geomática. (2017). *Reporte técnico*.
- United Nations. (2017). *Global land outlook* (First).
- Urcola, H. A., Arnauld de Sartre, X., I., V. J., Elverdin, J., & Albaladejo, C. (2015). *Land tenancy , soybean , actors and transformations in the pampas : A district balance* \*. 39, 32–40. <https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2015.03.001>
- Vassoney, E., Mammoliti Mochet, A., & Comoglio, C. (2017). Use of multicriteria analysis (MCA) for sustainable hydropower planning and management. *Journal of Environmental Management*, 196, 48–55. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2017.02.067>
- Viglizzo, E. F., & Frank, F. C. (2006). *Land-use options for Del Plata Basin in South America : Tradeoffs analysis based on ecosystem service provision*. 57, 140–151. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2005.03.025>
- Wang, J. J., Jing, Y. Y., Zhang, C. F., & Zhao, J. H. (2009). Review on multi-criteria decision analysis aid in sustainable energy decision-making. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 13(9), 2263–2278. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2009.06.021>
- Zheng, J., Egger, C., & Lienert, J. (2016). A scenario-based MCDA framework for wastewater infrastructure planning under uncertainty. *Journal of Environmental Management*, 183, 895–908. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2016.09.027>



## ANEXO 1

Siguiendo a Behzadian et al. (2010) y Mendoza y Martins (2006), el procedimiento paso a paso para implementar el método PROMETHEE comienza comparando las alternativas de pares para cada criterio:

$$d_j (ALT_i, ALT_k) = g_j (ALT_i) - g_j (ALT_k)$$

Donde  $d_j (ALT_i, ALT_k)$  representa la diferencia entre la evaluación ( $g_j$ ) de alternativa  $ALT_i$  y  $ALT_k$  en cada criterio. Para permitir la comparación de criterios, se incluyen diferentes funciones de preferencia, dependiendo de si los criterios son cualitativos (tipo de función usual) o cuantitativos (tipo de función lineal). Las funciones de preferencia traducen la diferencia entre las evaluaciones obtenidas por las alternativas en un grado de preferencia que va de "0" a "1", es decir, "normaliza" la comparación de criterios (Behzadian et al., 2010):

$$P_j (ALT_i, ALT_k) = F_j[d_j (ALT_i, ALT_k)], \quad j=1, \dots, k \quad 0 \leq P_j (ALT_i, ALT_k) \leq 1$$

Donde  $P_j$  es la función de preferencia en el criterio  $j$  de la alternativa  $ALT_i$  con respecto a  $ALT_k$ , transformando la diferencia  $d_j$  en una escala entre "0" y "1".

Para el tipo de función de preferencia lineal (criterios cuantitativos):

$$\begin{aligned} d_j (ALT_i, ALT_k) \leq q_j; & \quad P_j = 0 \\ q_j \leq d_j (ALT_i, ALT_k) < p_j; & \quad P_j = \frac{d_j (ALT_i, ALT_k) - q_j}{p_j - q_j} \\ d_j (ALT_i, ALT_k) > p_j; & \quad P_j = 1 \end{aligned}$$

Para el tipo de función de preferencia usual (criterios cualitativos):

$$\begin{aligned} d_j (ALT_i, ALT_k) < p_j; & \quad P_j = 0 \\ d_j (ALT_i, ALT_k) > q_j; & \quad P_j = 1 \end{aligned}$$

Donde  $q_j$  y  $p_j$  representan los umbrales de indiferencia y preferencia para la diferencia  $d_j$ .

En este trabajo el umbral de indiferencia fue del 10% y el umbral de preferencia del 90%. Los pesos dados por los TD fueron incluidos en absoluto y luego normalizados de "0" a "1".

Por último, la selección de la mejor alternativa se realiza analizando las fortalezas y debilidades de cada una de ellas, en función de los criterios considerados y las preferencias de los TD, a partir de los datos de la matriz de decisión:

$$\pi (ALT_i, ALT_k) = \sum_{j=1} P_j (ALT_i, ALT_k) w_j$$

Donde  $\pi (ALT_i, ALT_k)$  es el índice de criterios múltiples que mide cuánto  $ALT_i$  se prefiere a  $ALT_k$ , considerando todos los criterios;  $w_j$  es el peso de las preferencias  $P_j(ALT_i, ALT_k)$  para el criterio  $j$ , con los valores normalizados de  $w_j$  (mayor  $w_j$  más peso toma el criterio en el índice de criterios múltiples).

$$\Phi^+ (ALT_i) = \frac{1}{n-1} \sum_{i \neq k} \pi (ALT_i, ALT_k), \quad \Phi^- (ALT_i) = \frac{1}{n-1} \sum_{i \neq k} \pi (ALT_k, ALT_i)$$

Donde  $\Phi^+ (ALT_i)$  representa la fuerza y mide cuánto se prefiere la alternativa  $ALT_i$  en comparación con los otros pares en todos los criterios, siendo mejor cuanto mayor sea su valor. Por el contrario,  $\Phi^- (ALT_i)$  representa la debilidad y mide cuánto se prefieren otras alternativas en comparación con la alternativa  $ALT_i$ , siendo mejor cuanto menor sea su valor.

$$\Phi (ALT_i) = \Phi^+ (ALT_i) - \Phi^- (ALT_i)$$

Donde  $\Phi (ALT_i)$  representa el resultado neto de superación para cada alternativa.

Para finalizar este paso, se realizó un análisis de sensibilidad simulando diferentes distribuciones de peso para algunos criterios. Este paso se realiza con el fin de analizar cómo cambiaría la selección de alternativas debido a la importancia relativa de los diferentes criterios, es decir, la estabilidad de la solución en respuesta a cambios menores en los parámetros considerados.

**ANEXO 2**

Figura A.1. Resultados netos, fortalezas y debilidades de las alternativas según las preferencias simuladas

