



Decisiones estratégicas en el medio rural y la franja urbano - rural

Aplicaciones con Análisis Multicriterio Discreto

Jorge D. de Prada, Estela R. Cristeche y Diego Tello

(Comps.)

C*UyE
Colección Vinculación y Educación

ISBN 978-987-688-531-7
e-book

UniRío
editora

Decisiones estratégicas en el medio rural y la franja urbano-rural : aplicaciones con análisis multicriterio discreto / Jorge D. de Prada ... [et al.] ; compilación de Jorge D. de Prada ; Estela R. Cristeche ; Diego S. Tello. - 1a ed. - Río Cuarto : UniRío Editora, 2023.

Libro digital, PDF - (Vinculación y educación)

Archivo Digital: descarga y online
ISBN 978-987-688-531-7

1. Agronomía. 2. Desarrollo Rural. 3. Análisis de Sistemas. I. Prada, Jorge D. de, comp. II. Cristeche, Estela R., comp. III. Tello, Diego S., comp.
CDD 630.9

2023 © *UniRío editora*. Universidad Nacional de Río Cuarto
Ruta Nacional 36 km 601 – (X5804) Río Cuarto – Argentina
Tel.: 54 (358) 4676309
editorial@ac.unrc.edu.ar
www.unirioeditora.com.ar

Primera edición: junio de 2023

ISBN 978-987-688-531-7

Esta publicación cuenta con los avales de
Mgr. Carmen Cholaky (UNRC), Prof. Liliana C. Issaly (UNRC),
Mgr. Karina Casellas (INTA) y Dra M. Laura Salvador (UNC)



Este obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución 2.5 Argentina.

http://creativecommons.org/licenses/by/2.5/ar/deed.es_AR

Agradecimientos

Los autores del libro agradecemos al Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) y a la Universidad Nacional de Río Cuarto (UNRC) por materializar el acuerdo de Cooperación Técnica entre el Centro de Investigación en Economía y Prospectiva (CIEP) y la Facultad de Agronomía y Veterinaria (FAV). Cabe destacar los apoyos brindados, tanto para el desarrollo de conocimientos, la participación y la organización de los eventos académicos y el cofinanciamiento de las publicaciones que permitieron validar la calidad y el aporte los hallazgos propios con relación al conocimiento científico existente, como así también, las tareas de difusión y formación de los profesionales que ampliaron las perspectivas y el enfoque desarrollado en esta obra.

Específicamente a:

- Proyecto Disciplinario INTA I222 Evaluación de impacto de tecnologías y del cambio tecnológico.
- Proyecto Nacional INTA Gestión, acceso y uso de los recursos naturales, bienes comunes y servicios ecosistémicos.

También, agradecemos A la SECYT - UNRC, a la Agencia Nacional de Ciencia Tecnología-FONCYT, al Ministerio de Ciencia y Tecnología de la provincia de Córdoba por el cofinanciamiento de los trabajos de investigación y desarrollo. Específicamente:

- Programa: Ordenamiento territorial en áreas rurales y periurbanas de Córdoba II: Diagnóstico y formulación de estrategias de adaptación y mitigación frente a nuevos escenarios ambientales y económicos.
- Programa Bases para el ordenamiento rural y periurbano del sur de Córdoba: Dimensión ambiental, económica y social.
- Proyecto: Bases para el ordenamiento del territorio en el medio rural: Tres cuencas pilotos. Región Centro Argentina.
- PID: Bases ambientales para el ordenamiento territorial del espacio rural de la provincia de Córdoba.

Asimismo, queremos agradecer a la Estación Experimental de San Juan-INTA, la Asociación Argentina de Economía Agraria, a la Maestría de Ciencias Agropecuarias, FAV, UNRC a la Universidad Nacional de Mar del Plata por la organización de actividades de formación de posgrado y profesional que permitieron desarrollar o validar el material para la enseñanza, compartido en el libro.

A la Municipalidad de Santa Eufemia, a la Cooperativa Telefónica de Adelia María, a la Estación Experimental INTA-Marco Juárez por la colaboración en el uso de métodos multicriterio para decisiones estructurales en la asistencia técnica desarrollada por el Servicio de Conservación y Ordenamiento de Tierras (SECYOT), FAV, UNRC.

Al Ministerio de Agua, Ambiente y Servicios Públicos -Secretaría de Ambiente y Cambio Climático por el cofinanciamiento de la consultoría: “Bases para la reglamentación de Uso y Manejo del Bosque Nativo en el Distrito Biogeográfico de Caldén en el Sur de Córdoba”.

Al Instituto de Investigaciones Sociales, Territoriales y Educativas de doble dependencia UNRC y Consejo Nacional de Investigación Científica (CONICET) por el apoyo y cofinanciamiento para la publicación de esta obra.

Finalmente, queremos agradecer al equipo editorial de *UniRío editora*, la editorial de la UNRC por la paciencia, trabajo profesional y las sugerencias realizadas en la publicación de esta obra.



Uni. Tres primeras letras de “Universidad”. Uso popular muy nuestro; la Uni. Universidad del latín “universitas” (personas dedicadas al ocio del saber), se contextualiza para nosotros en nuestro anclaje territorial y en la concepción de conocimientos y saberes contruidos y compartidos socialmente.

El río. Celeste y Naranja. El agua y la arena de nuestro Río Cuarto en constante confluencia y devenir.

La gota. El acento y el impacto visual: agua en un movimiento de vuelo libre de un “nosotros”.

Conocimiento que circula y calma la sed.

Consejo Editorial

Facultad de Agronomía y Veterinaria

*Prof. Mercedes Ibañez
y Prof. Alicia Carranza*

Facultad de Ciencias Económicas

Prof. Clara Sorondo

Facultad de Ciencias Exactas, Físico-

Químicas

y Naturales

Prof. Sandra Miskoski

Facultad de Ciencias Humanas

Prof. Graciana Perez Zavala

Facultad de Ingeniería

Prof. Marcelo Alcoba

Biblioteca Central Juan Filloy

Bibl. Claudia Rodríguez y Prof. Mónica Torreta

Secretaría Académica

Prof. Sergio González y Prof. José Di Marco

Equipo Editorial

Secretaria Académica:

Sergio González

Director:

José Di Marco

Equipo:

*José Luis Ammann, Maximiliano Brito, Ana Carolina Savino,
Lara Oviedo, Roberto Guardia, Marcela Rapetti y Daniel Ferniot*

INDICE

Prólogo.....	9
SECCIÓN I	
INTRODUCCIÓN Y ASPECTOS METODOLÓGICOS.....	12
CAPÍTULO 1	
Presentación del libro	13
CAPÍTULO 2	
Métodos multicriterio discretos para la selección de alternativas y evaluación de la sostenibilidad	28
CAPÍTULO 3	
Guía para la modelización multicriterio discreta PROMETHEE.....	41
SECCIÓN II	
DECISIONES DE ORDENAMIENTO EN EL MEDIO RURAL	69
CAPÍTULO 4	
Evaluación de alternativas agro-productivas en la Colonia Fiscal Sarmiento de la provincia de San Juan, visión 2040.....	70
CAPÍTULO 5	
Uso del análisis multicriterio para la planificación rural sostenible: el caso del partido de Balcarce (Argentina).....	86
CAPÍTULO 6	
Elección de alternativa de ordenamiento de cuenca. La visión de los decisores en la Cuenca Arroyo Ají, Córdoba.....	99
CAPÍTULO 7	
Evaluación ex-ante de alternativas productivas para el partido de Pergamino, Buenos Aires.....	116
CAPÍTULO 8	
Evaluación de alternativas productivas en agricultura familiar: aplicación en un caso del Sudoeste de la provincia de Buenos Aires.....	130
CAPÍTULO 9	
Propuestas de conservación del bosque de caldén de la provincia de Córdoba, visión 2035.....	143

SECCIÓN III	
DECISIONES DE ORDENAMIENTO EN LA FRANJA URBANO RURAL	161
CAPÍTULO 10	
Alternativas de expansión urbana de la ciudad de Marcos Juárez, Córdoba, visión 2040.....	162
CAPÍTULO 11	
Planificación estratégica territorial: construcción de la visión territorial en localidades rurales. El caso de la localidad de Santa Eufemia, Córdoba.....	170
CAPÍTULO 12	
Diseño y selección de alternativas de gestión de residuos sólidos urbanos en la localidad de Santa Eufemia, Córdoba.....	191
CAPÍTULO 13	
Elección interactiva de alternativa de aprovechamiento de aguas residuales tratadas, Adelia María, Córdoba.....	209
ANEXO I. Resúmenes ejecutivos de los casos de estudio	222

LISTA DE ABREVIACIONES

ABC: Análisis Beneficio Costo
ABE: Administradora de Bienes del Estado
ADM: Ayuda a las Decisiones Multicriterio
AG: Alternativas de Gestión
AHP: Analytic Hierarchy Process
AMCD: Método de Apoyo a la Decisión Multicriterio Discreto
AP: Alternativas de solución al Problema
APA: Asociaciones de representantes de Productores Agropecuarios
ASP: Agrosilvopastoril
AVID: Agregando Valor a la Información Disponible
AyCA: Asamblea y Colectivo Ambientales
BEN: Beneficios ingresos – costos directos de las actividades agrarias
BSA: Basurales a Cielo Abierto
BSE: Bienes y Servicios Ecosistémicos
BMA: Basural Municipal Acondicionado
BPA: Buenas Prácticas Agropecuarias
BPPA: Beneficios Privados percibidos por los Productores Agropecuarios
CBC: Corredor Biogeográfico del Caldén
CCT: Costo Compra de la Tierra
CNA: Censo Nacional Agropecuario
CEM: Costo Económico Municipal
CRCSRC: Consejo Regional de Conservación de Suelos del Departamento Río Cuarto
CREA: Consorcio Regional de Experimentación Agrícola
CS: Conservación de Suelo
CSA: Conflictividad Socioambiental
CSE: Compensación por Servicios Ecosistémicos del bosque
CTAM: Cooperativa Telefónica de Adelia María
DAP: Disposición A Pagar
DC: Deposición Controlada
DCB: Desregulación de la Conservación del Bosque
EA: Establecimientos Agropecuarios
EAVAN: Equivalente Anual del Valor Actual Neto
EAVPN: Equivalente Anual del Valor Presente Neto
EGEI: Emisiones Gases Efecto invernadero
ELECTRE: Elimination and Choice Translating Algorithm
EMP: Empleo
EPI: Esfuerzo Político Institucional
ER: Extensión de Redes
FAO: Food and Agriculture Organization
GE: Generación de Empleo

GRSU: Gestión de Residuos Sólidos Urbanos
INDEC: Instituto Nacional de Estadísticas y Censos
INTA: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria
INV: Inversión
LPI: Localizaciones del Parque industrial
MEA: Millenium Ecosystem Assessment
OH: Ordenamiento Hidrológico
PEU: Propuestas de Expansión Urbana
PEUMB: Programa de Extensión de Prácticas para el Uso Múltiple del Bosque con sin Prohibición
PEUMB + P: Programa de Extensión de Prácticas para el uso múltiple del bosque con Prohibición
PMF: Procedimiento Multicriterio por Fases
PROMETHEE: Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluation
PRB + P: Programa de Reforestación del Bosque con Prohibición
PRSU: Producción de Residuos Sólidos Urbanos
PRT: Pérdida de Renta Económica
QPI: Caudal Pico
RBN: Remanente de Bosque Nativo
RCS: Riesgo de Conflictividad Socioambiental
RIS: Riesgo de Inundación Sanitario
RSU: Residuos Sólidos Urbanos
SB: Superficie de Bosque
SE: Servicios Ecosistémicos
SEC: Servicios ecosistémicos de conservación
SENC: Servicios Ecosistémicos no Comerciales
T: Transferencias
TD: Tomador de Decisiones
TOPSIS: Technique for Order Preference by Similarity to an Ideal Solution
UNRC: Universidad Nacional de Río Cuarto
UCR: Unión Cívica Radical
UpC: Unión por Córdoba
VAC: Valor Actual de los Costos
VC: Valoración Contingente
VEBPU: Valoración Económica del Bosque por parte de la Población Urbana

Prólogo

*Cantero Gutiérrez, A.*¹

Reconforta el espíritu universitario, leer y analizar este libro de estudio, trabajo y orientación sobre un tema tan relevante para el ser humano, como es lograr la mejor organización del territorio donde desenvuelve y transcurre la vida. Es relevante poder disponer de planteos teóricos y propuestas metodológicas para planificar el desarrollo armónico del territorio, que han sido contrastados en la realidad, con casos de estudio y aplicaciones. Éstas ilustran sobre la resolución de problemas de distinta naturaleza, y la importancia que tiene la creatividad social que surge de las interacciones entre los propios actores involucrados, cuando se logra el trabajo colaborativo, aún en el marco de las diversidades y divergencias, pero con la decisión de ayudar a resolver los problemas en el marco de los objetivos del desarrollo sostenible.

El libro expone con claridad herramientas y método para avanzar en la planificación estratégica territorial, enfatizando la importancia de desarrollar una visión compartida. Las herramientas y técnicas a su vez facilitan: el codiseño de visiones alternativas, la valoración de los impactos futuros, y la elección por consenso de la visión compartida considerando las dimensiones de la sostenibilidad: ambiental, política, económica y social con la finalidad de lograr un desarrollo integrado, justo y sostenible en el largo plazo.

Basados en fundamentos filosóficos y epistemológicos, como racionalidad limitada, pensamiento paralelo, principio de equifinalidad, los autores sintetizan y comparten

¹ Profesor Titular Emérito de Uso y Manejo de Suelos, Departamento de Ecología Agraria, FAV-UNRC

resultados de investigaciones: publicaciones, tesis de grado, de maestrías, y doctorales, como así también, experiencias de aplicación concreta en diversidad de temas, ambientes, situaciones, y aplicaciones que se realizaron mediante convenios interinstitucionales, o que emergen de las distintas instancias de capacitación.

El núcleo del libro son los casos de estudio para lograr una organización territorial deseada y las acciones estratégicas para alcanzarlo. La mayoría de decisiones estructurales en las aplicaciones son abordadas paso a paso. Por extensión del método y sugerencias de los autores pueden incluirse otras decisiones estructurales y derivar también las posibles estrategias, una vez seleccionada la visión compartida.

En forma clara y amena, incluyen algunos de trabajos en el medio rural y en ambientes de transición urbano-rural. Se destacan ejemplos: el ordenamiento de una cuenca hídrica en el sur de Córdoba, la conservación de un recurso natural renovable como el caldén, el desafío de organizar propuestas productivas y sus alternativas en las tierras de la más alta calidad del país (Balcarce, Pergamino), la restauración de sistemas de riego en San Juan, entre otros. También se expone el abordaje conjunto para el manejo de temas conflictivos como el de los residuos sólidos urbanos y el de las aguas residuales servidas de los municipios. Se jerarquiza el tratamiento de residuos (reducir el daño ambiental), y su aprovechamiento en la franja urbano-rural, que pone de relieve la importancia de una economía circular que reduzca impactos ambientales.

Si bien en el libro se profundiza la aplicación de un procedimiento multicriterio, se muestran las diferentes metodologías de análisis multicriterio. El lector puede seleccionar y aplicar la que mejor se ajuste a la naturaleza y objetivos del trabajo de planificación territorial considerando las posibles dificultades en cada etapa y como resolverlas, e incluyendo rutinas computacionales para trabajar en las mismas.

Es importante poner los trabajos científicos que realizan/comparten una Universidad Nacional y un Instituto Nacional en el marco y contexto de la realidad del mundo, país y región, para ayudar a su comprensión y resignificar su aporte. Este libro de apoyo a los trabajos de ordenamiento integral del territorio, se presenta en momentos muy particulares de una nueva época de la humanidad, signada de profundos cambios y transformaciones con una vertiginosa velocidad en la conformación de nuevos espacios y relaciones geoeconómicas y geopolíticas, con profundas disputas por el control de los territorios y sus recursos naturales. Período de la humanidad con poblamientos de muy alta y creciente densidad poblacional, coexistiendo con grandes espacios vacíos de seres humanos o ¿despoblados? y abundantes en recursos naturales, y también más de mil millones de seres humanos con hambre. Espacios que son escenarios en disputa, incluso con violencia y “guerra global híbrida deslocalizada y fragmentada” con todo el daño a la condición humana que ello significa.

También en el contexto nacional, este libro se presenta en una situación particular de la histórica de la nación. Se transita la paradoja histórica, y compleja situación, donde el 80% de la población argentina se concentra en menos de 20 grandes conglomerados urbanos, de las 3261 localidades en el país de acuerdo al Censo Nacional de Población y Vivienda 2001 (INDEC). Impacta el contraste de situaciones ambientales, sociales, económicas que se presentan recorriendo los 5000 km de norte a sur, desde La Quiaca a Ushuaia. Son cientos de kilómetros de tierras con pocos habitantes, en pequeñas poblaciones muy dispersas, y luego los pocos, y grandes conglomerados de urbanos.

Argentina, con su territorio provisto de abundantes recursos naturales, energéticos, minerales, hídricos, despoblados, y por otra parte, con la mayor proporción de su población concentrada en pocos grandes núcleos urbanos. Con la dureza que esa organización territorial tiene a más del 40% de la población argentina por debajo de los umbrales de pobreza, con sus consecuencias en términos de déficit alimentario, habitacional y de la dignidad humana.

Lo anterior ilustra porque muchas veces la planificación para el desarrollo estratégico del territorio pone al descubierto, con crudeza, los intereses contrapuestos y las diferentes percepciones del hábitat a vivir. El gran desafío social y cultural, es lograr una visión compartida de la situación a resolver, y la adecuada estrategia para alcanzarla. Y ésta es otra gran contribución del presente trabajo, mostrar cómo se pueden superar controversias mediante procesos participativos y democráticos. El mostrar que es posible, y cómo hacerlo, involucrar a los diferentes actores del territorio para establecer una agenda común y generar procesos de cooperación para resolver las situaciones emergentes de decisiones de políticas para el ordenamiento territorial.

Se estima será de utilidad para profesionales y académicos al estimular la creatividad y dar vida a las aproximaciones interdisciplinarias para el abordaje de problemas, hacer posible la integración de conocimientos, y también exponer la carencia de otros. Pero sin dudas, que la mayor contribución e impacto del presente trabajo será en el desarrollo de la comunidad, al poner en manos de los dirigentes sociales y responsables de gobiernos en todos los niveles y jurisdicciones, una herramienta política de gestión para profundizar la convivencia democrática.

Es posibilitar el cómo alcanzar a nivel local o regional una visión compartida para las políticas públicas de urbanización, de desarrollo agrario e industrial, del manejo ambiental, de conservación de recursos, de la infraestructura de conectividad y trabajando con la información inmediatamente disponible, haciéndolo en forma plural y participativa.

SECCIÓN I

INTRODUCCIÓN
Y ASPECTOS METODOLÓGICOS

CAPÍTULO 1

Presentación del libro

En este libro, se sistematizan y comparten los conocimientos y casos aplicados en investigaciones y capacitaciones en ordenamiento territorial desarrolladas en el marco del Convenio de Cooperación Técnica entre el INTA y la UNRC. Más específicamente, los casos desarrollados sistematizan conocimientos generados y resultados de capacitaciones en las que se aplicó un procedimiento de trabajo que se encuadra conceptualmente en la planificación estratégica territorial. Este procedimiento pone el foco en el codiseño, la valoración y la ayuda a la toma de decisiones multicriterio para elaborar la visión territorial en el medio rural. La visión se refiere a la estructura del sistema territorial deseado y las acciones estratégicas que ésta inducirá en los actores en el largo plazo a partir de las decisiones que se toman aquí y ahora.

Para el diseño de la visión, se requiere involucrar a los diferentes actores que intervienen en el territorio para establecer una agenda común y derivar las acciones colaborativas que potencien su desarrollo. El desarrollo territorial local o regional es un proceso endógeno, que requiere un fuerte involucramiento, compromiso y liderazgo colaborativo del gobierno y de los actores que están vinculados en forma directa o indirecta a los problemas estructurales del territorio (Brouwer *et al.*, 2018).

El libro presenta varios casos que abordan diferentes tipos problemas estructurales con distinto grado de complejidad. La réplica de alguno de los casos simulando la decisión con los actores permite visualizar más claramente la naturaleza del fenómeno y del procedimiento propuesto para abordarlo, y reconocer el rol de cada actor en el sistema, generando la conciencia intersubjetiva.

Los capítulos del libro pueden ser utilizados solos o en forma complementaria con la observación en terreno para sensibilizar a los tomadores de decisión y distintos actores en reuniones o talleres de corta duración (de Prada *et al.*, 2018; de Prada *et al.*, 2017), y potenciar su involucramiento y compromiso para generar una agenda para el abordaje de los problemas territoriales que requieren involucramiento local y la construcción de la correspondiente visión.

El codiseño de alternativas, de los criterios y su valoración requieren potenciar la creatividad social, es decir, los procesos creativos desarrollados en un marco de interacción y esfuerzo grupal. Los casos presentados en este libro pueden contribuir a este desafío, focalizando en las interacciones creativas entre los actores para resolver el problema. Estimular el pensamiento paralelo (de Bono, 1988) con actores con diferentes perspectivas, sistematizando diversos saberes locales y científicos favorece la creación de alternativas competitivas. Asimismo, se usan criterios para analizar y elegir la mejor alternativa. Esta tarea también requiere de creatividad para identificar, construir y valorar los criterios pertinentes para comparar alternativas. En este sentido, los casos muestran criterios emergentes de la naturaleza de la solución contemplando la diversidad de dimensiones: ambientales, económicas y sociales. En este sentido, los criterios seleccionados deben contemplar la perspectiva de sostenibilidad en la toma de decisiones, e idealmente deberían poder vincularse directamente con los ODS (objetivos de desarrollo sostenible) al 2030, definidos por la Organización de las Naciones Unidas².

El libro pone énfasis en el codiseño de la visión con un horizonte de planificación de largo plazo para reconocer la importancia de los problemas estructurales actuales y reducir los conflictos debido a la percepción acotada o parcial del problema. Los actores se sensibilizan al analizar una primera visión: aquella que emerge de la prognosis, es decir, el “actuemos como de costumbre” con un horizonte de largo plazo. Estos casos suelen frecuentemente exponer un quiebre o colapso en el desarrollo de una región si no se modifican la estructura del sistema y los comportamientos. Éste constituye el estímulo para darse lugar a pensar conjuntamente las soluciones a problemas estructurales del territorio, dejando a un lado – aunque sea momentáneamente – los conflictos de intereses propios de la coyuntura (las elecciones, la inundación, el corte del camino, el manejo del bosque-incendio, la deforestación, entre otros).

Los actores suelen percibir los problemas y su influencia en los mismos desde su situación particular, y, por tanto, con una perspectiva acotada, lo cual puede inducir conflictos y tensiones por descargar la responsabilidad en el otro. Cuando, de hecho, se requiere de un trabajo colaborativo para resolver problemas complejos en el medio rural. Por ejemplo, en cuencas con problemas de erosión e inundación se suele escuchar a los productores

² En septiembre de 2015, los líderes del mundo adoptaron un conjunto de objetivos globales para erradicar la pobreza, proteger el planeta y asegurar la prosperidad para todos como parte de una nueva agenda de desarrollo sostenible. Los mismos se detallan a continuación: 1) Fin de la pobreza, 2) Hambre cero, 3) Salud y bienestar, 4) Educación de calidad, 5) Igualdad de género, 6) Agua limpia y saneamiento, 7) Energía asequible y no contaminante, 8) Trabajo decente y crecimiento económico, 9) Industria, Innovación e Infraestructura, 10) Reducción de desigualdades, 11) Ciudades y comunidades sostenibles, 12) Producción y consumo sustentable; 13) Acción por el clima, 14) Vida submarina, 15) Vida de Ecosistemas terrestres, 16) Paz, justicia e instituciones sólidas, 17) Alianzas para lograr los objetivos. Cada objetivo cuenta con metas particulares que deben alcanzarse en 2030. Para información ampliada se puede consultar: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>

responsabilizar al clima, a los productores de cuenca alta, al Estado, al consorcio caminero, al consorcio canalero, o a los vecinos que le tiran el agua. En general, no se visualiza la incidencia de sus decisiones productivas, de uso y manejo de la tierra y de conservación del suelo. El trabajo con un caso en taller u otras instancias que faciliten las interacciones de los actores con el conocimiento sistematizado permite reconocer el efecto agregado de las decisiones individuales sobre la magnitud del problema (p.e. los problemas de conservación de suelos en la cuenca del arroyo Ají, ver cap. 6), la comparación entre alternativas, la observación desde distintas perspectivas, el diálogo de los actores contribuye a dimensionar la complejidad o naturaleza del problema, y reconocer un procedimiento que puede ser aplicado para el abordaje de problemáticas propias.

El libro puede ser de interés para diferentes tipos de lectores: profesionales, docentes, investigadores, extensionistas, y otras personas cuyo trabajo se orienta al desarrollo territorial en el medio rural.

Para la enseñanza

En el caso de la enseñanza, se considera que los docentes pueden aprovechar la diversidad de casos de estudio aplicados compilados en el presente libro como parte de cursos de grado o talleres en las carreras profesionales que incluyen o piensan incorporar la ayuda multicriterio discreto en la toma de decisiones, o buscan estimular la creatividad y la interdisciplinariedad para abordar problemas reales del medio rural. También, se considera que puede ser de utilidad para la enseñanza de posgrado debido al potencial integrador del enfoque propuesto. Por ejemplo, cursos de extensión, planeamiento y proyectos, administración rural, evaluación de impacto ambiental, gestión ambiental, métodos cuantitativos, investigación operativa, entre otros, en los cuales los casos de estudio compartidos en el libro aportan a la enseñanza facilitando que el estudiante sistematice e integre saberes de diferentes campos de conocimiento para resolver un problema, pensado en un entorno real.

Los docentes cuentan con la flexibilidad para usar el libro de diferente forma. El docente puede desarrollar paso a paso cualquiera de los casos de estudio con los estudiantes, aplicando uno de los métodos multicriterio discreto más robustos y difundidos: PROMETHEE, replicando el algoritmo en la planilla de cálculo y paralelamente utilizando el software específico para contrastar los resultados. Otra posibilidad consiste en asignar los casos a diferentes grupos de estudiantes, replicar la metodología y promover un proceso reflexivo y creativo tendiente a incluir nuevas alternativas o criterios que sean considerados superadores. Asimismo, el docente a partir de los diversos casos puede hacer énfasis en diferentes aspectos de acuerdo a la naturaleza del curso, estimulando la reflexión del estudiante sobre:

1. la naturaleza del problema y contexto,
2. los actores que deben involucrarse para resolverlo,
3. la percepción del problema, las posibles soluciones, y los criterios considerados por parte de los actores,
4. la necesidad de escuchar activamente para sistematizar los saberes (locales),
5. la necesidad de buscar y sistematizar el conocimiento científico,
6. valorar el espíritu democrático y las diferencias entre el rol del profesional y el rol del gobierno/decisores,
7. la identificación de los criterios pertinentes, desde la perspectiva de los diversos actores locales y desde los compromisos asumidos con los ODS,

8. el análisis de la matriz de decisión: desempeño de las alternativas según la valoración de criterios cualitativos y cuantitativos considerando conflictos y sinergias entre diferentes dimensiones de la sostenibilidad,
9. Ponderación de los criterios considerando las preferencias de los diferentes actores,
10. Exploración de los resultados, y análisis de sensibilidad.

Para promotores del desarrollo

Asimismo, se contemplan como potenciales lectores a extensionistas, investigadores, promotores de desarrollo, facilitadores, agentes de cambio, profesionales que implementan proyectos/programas de extensión y desarrollo rural/territorial de diversas instituciones públicas como: el INTA, las Universidades, los Ministerios de Agricultura, Ganadería y Pesca y de Ambiente y Desarrollo Sostenible, los ministerios de los gobiernos provinciales y municipios con responsabilidades y actuaciones en el medio rural. También, se considera que el libro puede ser de utilidad para profesionales de las organizaciones no gubernamentales vinculados a la producción agraria o conservación del ambiente: organismos técnicos, cooperativas, asociaciones gremiales, asociaciones ambientales, entre otras. Para estos actores profesionales este libro puede brindar posibilidades de aprendizaje y resolución de problemas complejos en el medio rural, promoviendo la creación de visiones compartidas para posteriormente ejecutar las acciones que permitan seleccionar una y alinear las actuaciones en forma colaborativa para concretarlas.

El libro con los casos de estudio, ayuda a los profesionales extensionistas/promotores del desarrollo a incorporar un enfoque para abordar problemas locales de interés territorial donde no existe o es muy pobre el proceso de planificación territorial, y se requiere desarrollar una visión compartida entre múltiples actores interesados, p.e. en una cuenca hídrica con problema de erosión-inundaciones, en la franja urbano-rural o territorios con recursos naturales de alto valor estratégico. En este sentido, aporta a la reflexión sobre posibilidades concretas de integración de conocimientos y saberes, por ejemplo, en el codiseño de propuestas, la derivación de los criterios, y en la valoración de los mismos. Los casos de estudio muestran la necesidad de sistematizar los saberes locales en un conjunto de propuestas alternativas, y, por otro lado, el profesional debe ampliar el rango de posibles soluciones o perfeccionar las propuestas emergentes mediante las redes de apoyo institucional y el acceso al conocimiento de expertos e investigadores, codiseñando e integrando los saberes científicos y los locales.

A su vez, los equipos de investigación y desarrollo que abordan problemas complejos del mundo rural pueden beneficiarse con la lectura y uso del libro. En primer lugar, aplicar el enfoque y replicar los casos para abordar problemas similares en el territorio puede ser útil para iniciar, potenciar, sinergizar o complementar los vínculos entre la extensión y la investigación, desarrollo e innovación. En segundo lugar, en el proceso de sistematizar la información científica y los saberes locales para resolver problemas permite precisar las brechas de conocimientos para los actores regionales, y además generar el conocimiento pertinente para las situaciones abordadas. En tercer lugar, los conocimientos científicos se desarrollan fundamentalmente en campos disciplinares diferenciados, y la interdisciplinariedad se requiere para abordar problemas de la realidad: explicar el fenómeno, codiseñar las soluciones, valorar los posibles impactos en algunos casos con métricas muy diferentes. El libro comparte un enfoque que reconoce, valoriza y fundamentalmente sienta

las bases para hacer operativa la interdisciplinariedad, como así también, la necesidad de la investigación-acción para ayudar en decisiones estructurales y estructurantes del territorio.

Propósito

El propósito principal del presente libro es compartir las experiencias y los conocimientos desarrollados mediante el uso del marco conceptual de la planificación y el método multicriterio discreto PROMETHEE para promover su aprendizaje y aplicación entre docentes, investigadores, extensionistas y profesionales que trabajan en la modelización para apoyar procesos de toma de decisiones en el medio rural y en la franja urbana-rural.

El resto del libro está organizado en tres secciones. La sección I está compuesta por tres capítulos: la Presentación que se complementa a continuación con el marco conceptual. Seguidamente, el Capítulo 2 “Métodos multicriterio discretos para la selección de alternativas y evaluación de la sostenibilidad” hace una revisión general de las familias de métodos multicriterio discretos y sus características para orientar a los lectores interesados en profundizar y acceder a la bibliografía más comprensiva. Para finalizar la Sección I, en el Capítulo 3 se comparte el desarrollo paso a paso del algoritmo del método multicriterio PROMETHEE en una planilla de cálculo y su réplica en el software “Visual PROMETHEE” usando una matriz de decisión de cinco alternativas de expansión urbana y siete criterios.

Como ha sido mencionado precedentemente, el núcleo del libro son los capítulos con casos de estudio o aplicaciones, que ilustran problemas de distinta naturaleza que se han agrupado en dos secciones. La sección II contiene capítulos con aplicaciones asociadas a decisiones y propuestas vinculadas a la resolución de problemas en el medio rural; y la sección III: decisiones y propuestas asociadas a la resolución de problemas en la franja urbano-rural. En la sección II, el lector puede hallar aplicaciones vinculadas a: i) el ordenamiento de una cuenca hídrica, el Ají, en la provincia de Córdoba; ii) la restauración del sistema de riego en Colonia Fiscal, provincia de San Juan; iii) políticas de conservación de un recurso natural renovable, el bosque de caldén, en el sur de la provincia de Córdoba; y iv) propuestas productivas y alternativas de ordenamiento territorial en el partido de Balcarce, provincia de Buenos Aires y v) propuestas alternativas de sistemas de producción agropecuaria en el norte (Pergamino) y sudoeste (Coronel Suárez) de la provincia de Buenos Aires. En tanto, en la sección III se agrupan las aplicaciones desarrolladas para la franja urbana rural en las que se capturan los procesos dinámicos y algunos conflictos particulares que emergen en dicho ámbito. Las aplicaciones pretenden estimular la atención sobre las especificidades de éste territorio y su tratamiento con identidad propia, tales son los casos de: i) propuestas de expansión urbana como respuesta a conflicto del Municipio de Marcos Juárez, provincia de Córdoba, en el que se aspiraba a expandir la ciudad sobre las tierras de la EEA del INTA; ii) la creación de la visión franja urbano-rural en el municipio de Santa Eufemia, provincia de Córdoba; iii) las propuestas para la gestión de residuos sólidos urbanos en la franja urbano-rural del municipio de Santa Eufemia, provincia de Córdoba, o iv) las propuestas para la gestión de las aguas residuales en el municipio de Adelia María, provincia de Córdoba. Estas dos últimas aplicaciones vinculadas a la gestión de residuos constituyen funciones complementarias al desarrollo urbano fundamentales para potenciar la economía circular.

Cabe destacar que los capítulos incluidos en las distintas secciones del presente libro tienen orígenes distintos, con niveles de aproximación en la precisión de la información diferenciados. Hay capítulos que tienen algunos indicadores o criterios elaborados con alta

precisión debido que han sido parte de tesis doctorales: política de conservación del bosque de caldén, sur de Córdoba, y ordenamiento de la cuenca del arroyo Ají Córdoba; o el trabajo final de grado sobre la gestión de residuos en Santa Eufemia, provincia de Córdoba. Asimismo, algunos casos que sistematizan información primaria de otros trabajos, por ejemplo, el caso de sistemas de producción alternativos en Pergamino. En tanto, hay capítulos que cuentan con indicadores cualitativos y cuantitativos elaborados con una primera aproximación debido que fueron desarrollados en el marco de convenios institucionales, y con la urgencia de dar respuesta en los tiempos estipulados, tales son los casos de aprovechamiento de los residuos cloacales de la localidad de Adelia María, Córdoba, Argentina o Plan de la franja urbano-rural de Santa Eufemia. Finalmente, hay aplicaciones que han sido realizadas con una primera aproximación y elaboradas integrando información inmediata disponible (esto se vincula con el concepto que denominados AVID que será explicado con mayor amplitud más adelante en el presente capítulo) como práctica de un taller de capacitación, como los casos de Colonia Fiscal, el Partido de Balcarce y sistema productivo del sudoeste bonaerense; y para aportar soluciones a conflictos de coyuntura, como el de INTA con el municipio de Marcos Juárez. De todos modos, la mayoría de los casos han sido publicados en revistas científicas y son replicables. Asimismo, esta variedad de casos y la diferenciación en la elaboración y precisión de los indicadores, ilustran y pretenden transmitir al lector el valor a las distintas etapas del proceso de trabajo por aproximaciones sucesivas que se realiza con las técnicas multicriterio. En una primera instancia, se trabaja con la información disponible, admitiendo la posibilidad de contar con criterios cuantitativos y cualitativos, y en base a nuevas interacciones entre técnicos, decisores y actores involucrados se va perfeccionando la definición de las alternativas y los criterios, así como también la valoración de estos últimos a partir de distintas estrategias de recolección de datos que permitan contar con criterios de evaluación más precisos y robustos. Reconociendo que, en situaciones reales con información incompleta, conflictos de intereses y recursos limitados, las soluciones identificadas suelen ser lo que Herbert Simon indicaba como “satisfacientes”, es decir, que se aproximan lo más posible a niveles de aspiración deseados más que a optimizar unas funciones objetivo (Simon, 1955).

A continuación, se desarrolla el marco conceptual y alcance que han guiado la investigación, la capacitación y las experiencias compartidas en este libro.

Marco conceptual y alcance

Los estudios y trabajos de investigación compilados en el presente libro adoptan un marco conceptual comprensivo, transversal e interdisciplinario enmarcado en la planificación estratégica territorial. En el Capítulo 11 se aborda específicamente la planificación estratégica territorial de la franja urbano-rural a partir del caso de la localidad de Santa Eufemia, en el que se desarrolla el procedimiento para tres decisiones estratégicas. En el resto de los capítulos, se adopta este marco conceptual y se aplica para el desarrollo de una sola decisión estratégica. En esta sección se expone dicho marco conceptual abarcando todo su alcance dado que se considera relevante que el lector lo conozca en su integridad al entenderse que es un procedimiento a seguir para contribuir el desarrollo territorial.

La planificación territorial apoya procesos de toma de decisiones vinculados a la integración del espacio físico con el diseñado y construido a partir de políticas de urbanización, agrarias, ambientales, industriales, de conservación de recursos y de conectividad. Se concibe a la planificación estratégica territorial como aquella que facilita mediante un proceso continuo y

sistemático el desarrollo de una visión compartida, la elección de una estrategia y las actuaciones para poder alcanzarla (Figura 1.1).

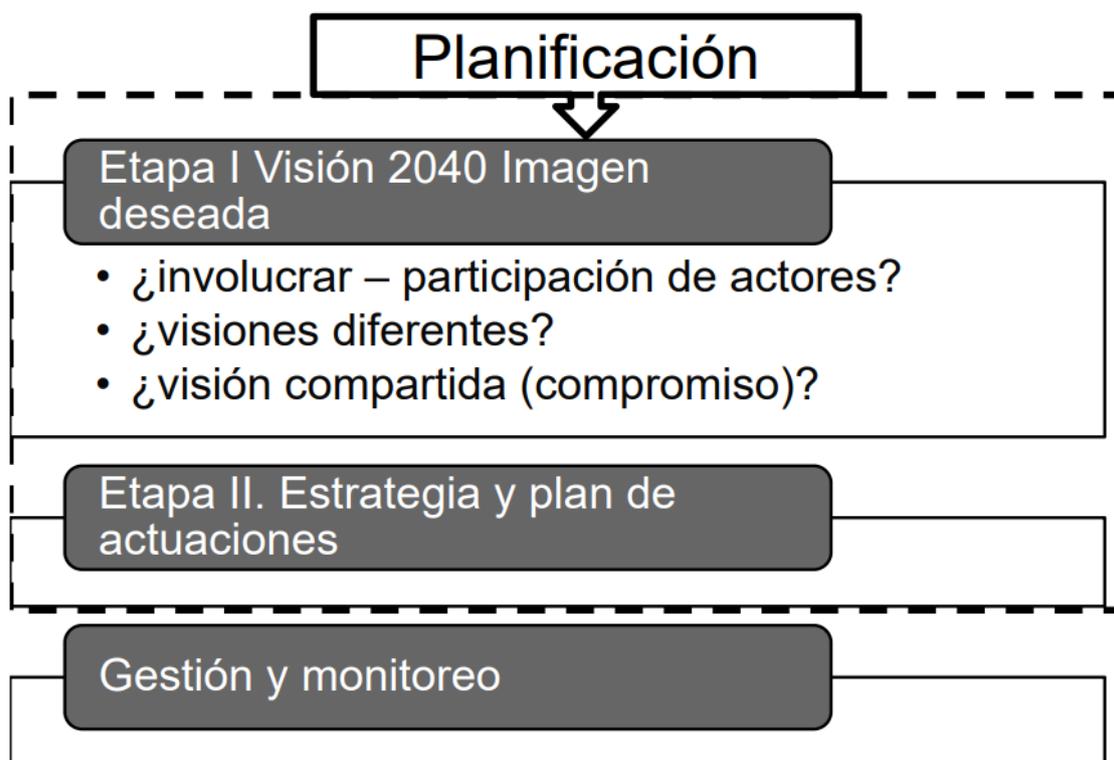


Figura 1.1 Esquema de planificación.

En este marco, se pone énfasis en la definición de la visión compartida a nivel local o regional. La dimensión temporal nos permite diferenciar tres conceptos asociados de la planificación: la visión, la estrategia y las actuaciones. La visión se construye mediante un proceso de codiseño de largo plazo, un período de 15 a 25 años, que permite dimensionar las incidencias de problemas estructurales del sistema territorial (prognosis) y codiseñar visiones alternativas con impactos diferenciados.

El concepto de estrategia se usa con dos significados: uno que refiere al sendero elegido para alcanzar la visión, y otro que refiere al período que corresponde al mandato político de las autoridades de la institución que encara el proceso de planificación. Una vez definidas la visión, y la estrategia, se procede a diseñar el plan de actuaciones para el año siguiente, con la correspondiente asignación de recursos económicos (presupuesto) y la organización de tareas para materializar las acciones del primer año del plan.

Es importante notar, el presupuesto anual en las instituciones públicas se elabora, aprueba y ejecuta todos los años, por mandato legal. Sin embargo, la planificación que acompaña la elaboración del presupuesto tiene una fuerte inercia histórica en la asignación de recursos. Por lo tanto, si en el marco de la planificación estratégica la visión y las estrategias inducen cambios estructurales, debe realizarse un trabajo de vinculación y sensibilización que permita modificar dicha inercia histórica. Por ello, el presupuesto integrado al plan de actuaciones se constituye en el instrumento fundamental para la resolución de problemas o establecer las aspiraciones de largo plazo.

La evaluación-reformulación del plan estratégico territorial se corresponde con los períodos de duración de la estrategia e idealmente con el período de gobierno. Se revisa la validez de la visión rectificando o ratificando en las instancias de evaluación intermedia. La visión debe ser una imagen compartida y persuasiva para que las instituciones alineen sus mandatos y los actores se involucren y comprometan activamente. Por ello, es conveniente revisarla en forma periódica para ratificar su vigencia para guiar la acción de gobierno (plan de actuaciones-presupuesto).

Además, se usa el concepto de estrategia calificando la planificación estratégica para referirnos a un recorte político institucional de las aspiraciones o de los problemas estructurales y estructurantes que se abordan en el proceso de codiseño de la visión. Este recorte, se refiere a las decisiones estratégicas para el gobierno y los actores que éste involucre, relevantes para sus agendas compartidas y con incidencia territorial. En este sentido, se puede afirmar que planificación estratégica implica priorizar y renunciar (Albrechts, 2010).

Más específicamente, el presente marco conceptual se focaliza en el codiseño de visiones compartidas. El proceso de codiseño reconoce que los actores juegan un rol importante en la identificación de las soluciones y su valoración. Este punto persigue varios propósitos. En primer lugar, reconocer que en decisiones territoriales y públicas la interacción entre los actores y las acciones que éstos realizan sobre el espacio físico es lo que definitivamente transforma el territorio otorgándole las características deseadas o indeseadas. En segundo lugar, el involucramiento de los actores y referentes locales permite integrar los saberes locales, identificando la percepción de los problemas, las posibles soluciones y los valores que guían las decisiones. En tercer lugar, la participación y el involucramiento de los actores reconocen la necesidad de establecer acuerdos mínimos (plan mínimo) o consensos en el largo plazo, el esfuerzo compartido para alcanzarlo y así como gozar de los beneficios logrados.

Procedimiento para diseñar la visión

En la Figura 1.2, se presenta un esquema del procedimiento multicriterio por fases (PMF) para diseñar la visión en tres etapas: 1) identificar los problemas, 2) diseñar las alternativas para resolverlos, y 3) seleccionar aquellas alternativas que mejor responden a las preferencias del gobierno y de los actores involucrados. El PMF comprende un abordaje secuencial de problemas en distintas fases. Comienza con el abordaje un problema, procede con el diseño de alternativas para resolverlo, y posteriormente selecciona de acuerdo a las preferencias de los tomadores de decisiones la alternativa que mejor desempeño presenta para ellos. Seguidamente, se trata otro problema continuando con las respectivas fases, y así sucesivamente con otros problemas hasta construir la visión con las distintas alternativas elegidas para atender los problemas abordados. Es importante reconocer que el procedimiento globalmente se debe acotar a las necesidades político-institucionales del actor/decisor/gobierno convocante. El PMF puede ser desarrollado en un período de al menos 4 a 8 meses si hay voluntad política de acuerdo a la acotada experiencia desarrollada por el equipo de trabajo.

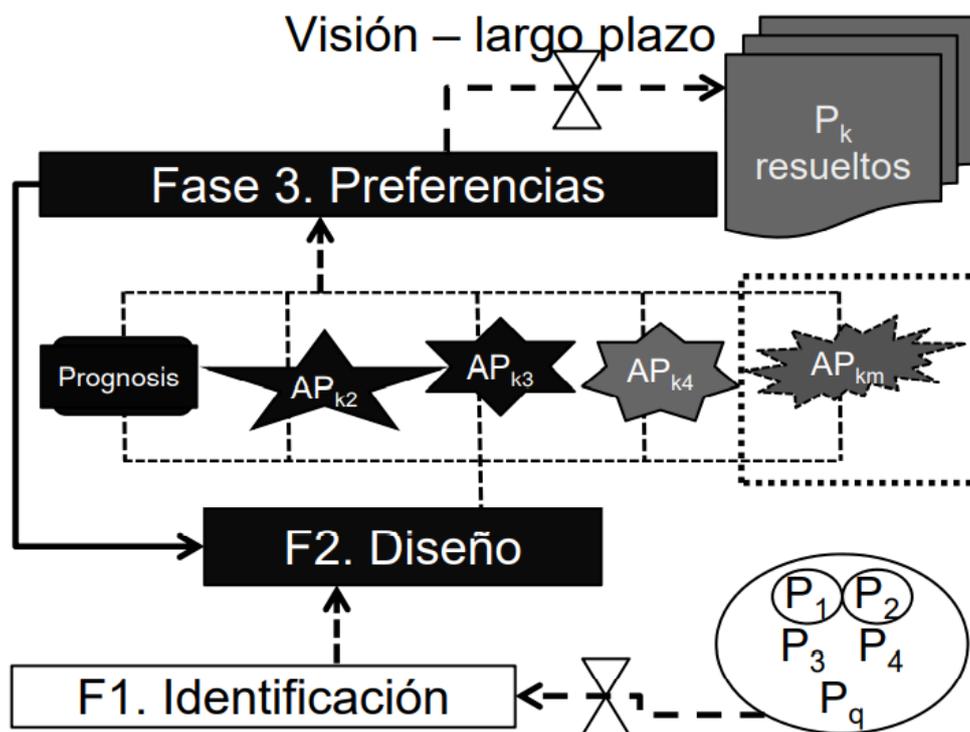


Figura 1.2. Esquema de la elaboración de la visión compartida.

Nota: el recuadro con línea de puntos que contiene “AP_{km}” da cuenta de la posibilidad de que existan propuestas superadoras que por el tiempo del proceso político se ignoran. Sin embargo, en la medida que el proceso de planificación se institucionaliza se procede a hacer una revisión de la visión, la estrategia y el plan de actuaciones para la gestión.

Las dos primeras fases aportan a la construcción de la matriz de decisión (alternativas o propuestas de solución evaluadas por diversos criterios de comparación). La Fase 3, consiste en elegir la alternativa que mejor resuelve el problema de acuerdo a las preferencias de los tomadores de decisiones y los actores involucrados, la alternativa seleccionada se constituye en parte de la visión del plan A. Es importante notar que en ciertos casos puede haber alternativas elegidas que presentan algún inconveniente cuando inician la ejecución del Plan A, y en estos casos posiblemente la alternativa que quedo en la segunda posición puede constituir una excelente opción. Por ejemplo, la elección de un lugar para el parque industrial resulta en un sitio localizado al Sur de la localidad, y quedaron otras 5 alternativas competitivas desechadas. En la ejecución, la negociación para adquirir la tierra requiere de un proceso de expropiación que resulta conflictivo para la localización al sur, y la alternativa de localización que fue segunda puede resultar más conveniente ya que se puede adquirir la tierra con la cesión de un 10% para terrenos del parque por el propietario de la tierra. El ejemplo pone de manifiesto una flexibilidad adicional del método cuando en el diseño se genera alternativas competitivas.

La Fase 1, corresponde a la identificación de los problemas estructurales y estructurantes del territorio o las aspiraciones que existen sobre su transformación futura (ver en la base de la

Figura 1.2 P_q) que el gobierno/actores desean potencialmente considerar en la visión. Cabe destacar que en aquellos casos en los que la planificación tiene escaso desarrollo previo, se requiere iniciar el proceso y apropiarse del enfoque, por lo cual esta fase es de esperarse que se extienda más tiempo del esperado a los fines de construir legitimidad y dar continuidad al proceso. En esta primera fase resulta deseable, considerar entre tres y siete problemas estructurales, contemplando soluciones complementarias y sinérgicas. Los problemas deben ser percibidos por los actores, valorados de manera cuantitativa y/o cualitativa, y reconocidas las causas que obstaculizan la solución.

Trabajar con un número acotado de problemas y soluciones, permite a los actores indagar con mayor profundidad y reconocer la naturaleza del problema y sus implicancias locales y/o regionales, exponiendo su importancia, y, por ende, contribuyendo a la apropiación del procedimiento por parte de los tomadores de decisiones, y su participación comprometida con el resultado. Por ejemplo, en la franja urbano-rural, establecer las áreas para funciones complementarias y sinérgicas de lo urbano y lo rural que podrían resumirse en: 1) ¿dónde localizamos la población urbana adicional para el año 2050? (asociada a problemas expansión urbana dispersa, y riesgos de contaminación por agroquímicos en el medio rural), 2) ¿dónde localizamos las plantas industriales de mayor riesgo, el parque agrario para la producción de alimentos de proximidad o el área de gestión de residuos o efluentes futuros?, y 3) ¿cómo establecemos los espacios verdes y zonas de amortiguación de las nuevas zonas urbanizadas? Por considerar otro caso, en una cuenca con problemas de erosión de suelo, las decisiones podrían estar vinculadas a los siguientes interrogantes: 1) ¿cómo desarrollamos la infraestructura hidráulica de retención y desagüe, lagunas-zonas de retención y canales para los excedentes hídricos?, 2) ¿cómo mejoramos la captura, la infiltración y el aprovechamiento de agua en los establecimientos agropecuarios? (idealmente considerando un modelo predial para cada tipo de productor en la cuenca), 3) ¿cómo se organiza la movilidad entre los medios urbano y rural? (red de caminos, transporte, etc.), y 4) ¿cómo actuamos ante los eventos extremos/contingencias? (inundaciones, corte de caminos por erosión, etc.).

Una vez concluida la fase 1 con la elección del Pi, el procedimiento continúa con la fase 2 de codiseño. En esta etapa resulta importante reconocer que el futuro es incierto y que la construcción del territorio depende de múltiples actores y sus agendas. Idealmente, por cada problema se diseñan alternativas que lo resuelven, lo atenúan, o lo agudizan, representadas por AP_{km} en la figura 1.2. La primera alternativa a diseñar consiste en la prognosis, es decir, la evolución futura del problema elegido considerando la continuidad de las políticas actuales. Esta es la situación de referencia en el método de análisis beneficio costo o la situación sin proyecto. Sin embargo, aquí se la reconoce como alternativa porque el *status quo* cuenta con ciertos atributos que al ser explícitos permiten a los actores reconocer sus virtudes. Seguidamente, se deben codiseñar las alternativas que resuelven el problema. De la misma manera, la sugerencia es trabajar con un número limitado, cuatro a cinco alternativas, para facilitar la comunicación. Es importante que las alternativas sean lo más contrastantes posibles, de modo de poder reflejar un abanico de decisión que exprese de manera más precisa la complejidad y los conflictos que se suscitan al abordar problemas estructurales del territorio. El codiseño se refiere a la posibilidad que ofrecen los saberes locales de sistematizar posibles soluciones, en conjunción con el aporte del conocimiento experto y científico.

Luego de la selección de las alternativas se requiere de su valoración. Para ello se deben identificar los atributos o los criterios para compararlas, y sus correspondientes valores. Se reconoce que las alternativas tienen atributos que permiten caracterizarlas, describirlas, reconocer sus posibles impactos. Aquellos atributos que son diferentes entre alternativas, los

usamos como criterios porque nos permiten compararlas. Por ejemplo, la decisión de dónde localizamos la población futura adicional para el año 2050, supongamos 10.000 habitantes adicionales, cuenta con cinco alternativas: a) prognosis (expansión de la mancha urbana sin modificar las políticas actuales); b) norte del ejido urbano, c) sur del ejido urbano, d) una circunvalación alrededor del ejido, o e) densificación y renovación dentro del ejido. Tanto la población como el área que ocupa cada alternativa son atributos importantes. Sin embargo, si sólo el área es diferente entre alternativas, este atributo puede constituirse en un potencial criterio de decisión. Los atributos nos permiten describir y caracterizar las propuestas y sus posibles impactos. A partir de los mismos, se definen los criterios para poder comparar las alternativas bajo estudio.

Además de los criterios propios de la naturaleza de la solución y sus posibles impactos, existen políticas nacionales, provinciales y acuerdos internacionales que nos guían para hallar indicadores que puedan potencialmente transformarse en criterios. De hecho, el Estado argentino adhiere a los ODS al 2030 aprobado por la ONU. En este sentido, es importante identificar como las alternativas pueden diferenciarse en términos de su aporte a los ODS, pero evitando caer en asociaciones forzadas, no todas las decisiones pueden involucrar a los 17 ODS. En otras palabras, es posible derivar criterios de los compromisos asumidos en el ámbito internacional, nacional y provincial para evaluar las alternativas diseñadas. Hay decisiones en las que la derivación y asociación con algunos de los ODS es simple, no obstante, en otros casos posiblemente convenga considerar directamente las tres dimensiones de la sostenibilidad: ambiental, económica y social, y tratar de identificar criterios que permitan su inclusión para comparar las propuestas.

Una vez definidos los criterios, se realiza su valoración, la cual puede ser de tipo cuantitativa o cualitativa. El método multicriterio empleado para el abordaje de los casos presentados en este libro, PROMETHEE, admite ambos tipos variables. Los criterios cualitativos pueden utilizarse porque representan mejor la naturaleza del criterio, o en aquellos casos en que medir o estimar el impacto en términos cuantitativos requiere una inversión de tiempo o recursos no disponibles. Por ejemplo, el criterio usado esfuerzo político institucional en la comparación de alternativas de poblamiento es de naturaleza cualitativa. Se puede reconocer que las alternativas que más se alejan de la prognosis en términos de comportamiento requeridos de la sociedad en el futuro requieren cualitativamente más esfuerzo político institucional. Y la prognosis, generalmente es la alternativa que requiere menos de dicho esfuerzo. La alternativa que requiere un comportamiento social diferente, requiere cambiar los modos de actuación del Estado y los actores para inducir el comportamiento social deseado. En este caso, por la naturaleza del indicador, en el que difícilmente pueda establecerse una métrica generalmente solo puede expresarse en términos cualitativos de acuerdo a la evaluación relativa que se realice de los cambios institucionales y de comportamiento que se requieran para poder concretar cada alternativa. Por otro lado, las alternativas de poblamiento requieren diferente magnitud de recursos económicos: inversiones en equipamiento urbano, infraestructura para la movilidad urbana, etc. De no contar con tiempo suficiente para presupuestar dichas inversiones se puede aplicar un criterio cualitativo con una escala ordinal de 1-5 que refleje un espectro que vaya de los niveles más bajos a los más altos de requerimientos de inversión en equipamiento e infraestructura. Por supuesto, siempre que sea posible es conveniente contar con criterios cuantitativos, y reservar los criterios cualitativos a atributos difícilmente cuantificables. Una vez completa la matriz de decisión, finaliza la Fase 2 para el problema identificado.

En la Fase 3, se deben establecer las preferencias sobre cada uno de los criterios definidos, y en base a éstos aplicar el algoritmo correspondiente que permita evaluar y seleccionar la AP_{km} con mejor desempeño, o establecer un *ranking* de soluciones. De esta manera, si a partir de la aplicación de la técnica multicriterio considerando unos determinados criterios y preferencias se arriba a una alternativa que presenta un mejor desempeño que satisface al tomador de decisiones y a los actores involucrados se contribuye a la construcción de una visión compartida en un marco de planificación estratégica. La definición de los problemas a abordar influye sustancialmente en la generación de distintas soluciones o propuestas que aportan a la construcción de la visión compartida. Es relevante reparar en esta diferencia porque en algunos casos las propuestas emergentes no modifican sustancialmente la visión futura. Este punto puede responder a una posición estratégica del gobierno y los actores involucrados, que consideran que los beneficios que aporta una modificación profunda de la situación futura (visión alternativa a la elegida) son menores que su costo económico, político y/o social.

Racionalidad

El PMF se fundamenta en la teoría de la racionalidad limitada (Simon, 1955, 1959). La racionalidad limitada aporta a la caracterización y el entendimiento de los contextos de decisión y da fundamento a los métodos multicriterio (Romero, 1996). La racionalidad limitada reconoce que el conjunto de alternativas que perciben los decisores es menor probablemente que las posibles alternativas disponibles. En este sentido, considera que la información disponible es incompleta y que el impacto de la decisión en el futuro es incierto; que las preferencias y los intereses pueden estar en conflicto; y que el tiempo o la oportunidad para tomar la decisión es limitado. En la Figura 2, la AP_{km} rodeada por líneas de puntos representa estas características particulares que le imprime la teoría de la racionalidad limitada al PMF. Asimismo, la racionalidad limitada es consistente con agregar valor a la información disponible (AVID) en los tiempos políticos del PMF. El AVID consiste en sistematizar los saberes locales y científicos disponibles con el objeto de aportar a: el codiseño de alternativas para resolver el problema, la definición de los criterios para comparar entre alternativas propuestas y sus objetivos (maximizar o minimizar), así como también la valoración de dichos criterios.

El AVID cobra especial importancia porque los decisores y actores involucrados comparten saberes de distinta índole: propuestas, ideas, críticas, valores, etc. a lo que se agrega la necesidad de contar con conocimiento científico-técnico para el diseño de las alternativas que resuelven el problema y la evaluación de los impactos de las potenciales decisiones. Y se reconoce que el fundamento científico técnico en la decisión será más limitado que lo teóricamente deseable, pero cualitativamente superior a la improvisación.

Participación e involucramiento

La visión se establece integrando las alternativas que aportan a la resolución de los problemas estructurales considerando para cada problema un conjunto de soluciones alternativas que emergen de la interacción entre: el tomador de decisiones, el equipo técnico, los actores interesados o la comunidad; en el marco de un proceso participativo con involucramiento genuino, escucha activa, intercambio y discusión entre los participantes; y la sistematización de saberes (AVID).

El involucramiento se sugiere que abarque el PMF completo. Es decir, que comience desde la identificación y priorización de los problemas relevantes, pasando por el codiseño de las visiones alternativas, la definición de los criterios y su valoración, y la búsqueda de consensos para la selección de la alternativa que mejor satisfaga a los participantes. Para ello es necesario desarrollar en las tres fases del PMF instancias de participación individuales y grupales. En el territorio, hay varios actores interesados y sujetos cuyas decisiones pueden incidir en: la producción agraria, la conservación de recursos, la infraestructura de caminos y desagües, el poblamiento urbano, entre otras.

El involucramiento y la participación debe promover que aquellos actores que están generando en forma directa o indirecta el problema o los actores con una aspiración diferente al *status quo* para la población o el territorio cuenten con un espacio para la observación profunda, la reflexión, el codiseño de posibles soluciones, y la oportunidad de que sus opiniones y propuestas de solución sean considerados. El enfoque desarrollado permite crear las bases de dicho proceso integrando las alternativas propuestas de todos los que participan y reconociendo que la decisión requiere de su involucramiento y su compromiso con un comportamiento futuro probablemente diferente al actual.

Incluso en aquellos casos en los que actores proponen soluciones que no son competitivas o que son dominadas por otras propuestas, resulta importante mantenerlas como parte del conjunto de propuestas, aunque se sabe que en términos matemáticos no tienen probabilidad de ser elegidas y puedan “hacer ruido”. La experiencia muestra que a medida que va avanzando y madurando el proceso, los actores involucrados van ganando conocimiento sobre el tema, advierten las dificultades y en la mayoría de los casos terminan acordando que se eliminen esas propuestas. También, es importante que los actores involucrados observen el fenómeno y vivencien el PMF en toda su dimensión, inclusive asumiendo el rol del tomador de decisiones porque de esta manera se cambia la perspectiva, se gana en empatía y se revaloriza el rol de gobierno. Este punto resulta muy significativo en la medida en que la gobernanza requiere de una interacción virtuosa de los actores y de las dependencias del Estado involucrados en los cambios planificados.

Método multicriterio

Existen diversas familias de métodos multicriterio discreto (para más detalles ver Capítulo 2). En los casos de estudio que se incluyen en este libro, se trabaja con una de estas familias: PROMETHEE (Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluation) que se enmarca en los métodos llamados de *outranking* o superación. La elección de PROMETHEE responde a tres razones principales. En primer lugar, la flexibilidad y buen desempeño del método para evaluar *ex ante* alternativas de solución para un amplio campo de problemáticas que pueden ir desde la localización de un parque industrial o una empresa, la elección de un equipo de siembra o una cartera de proyectos de inversiones. Las experiencias de aplicación de PROMETHEE se extienden también a las áreas de gestión ambiental, hidrología y gestión hídrica, finanzas, química, logística y transporte, gestión energética, educación, medicina, entre otros (Behzadian *et al.*, 2010). En segundo lugar, el método permite integrar información cualitativa y cuantitativa, y diferencia el rol del profesional técnico/científico y el tomador de decisiones. En tercer lugar, el método PROMETHEE es relativamente simple en su concepción y aplicación lo que facilita la comunicación con los decisores y actores involucrados, su accesibilidad para el aprendizaje y aplicación por parte de profesionales, docentes, investigadores, extensionistas, etc. Existe un

sitio web de referencia con material bibliográfico y un software para su aplicación de acceso gratuito (para mayores detalles sobre la metodología y este material, ver el Capítulo 3).

En síntesis, se adopta el marco conceptual de la planificación estratégica territorial con énfasis en el codiseño de la visión con la ayuda de un método multicriterio discreto, PROMETHEE. Se reconoce que para trabajar en tiempos políticos es necesario partir de una noción de racionalidad limitada para la toma de decisiones, considerando incertidumbre sobre las propuestas y precisión de impactos. Se promueve el involucramiento activo de los actores interesados en las decisiones y se diferencia el rol del profesional técnico y el del decisor para el desarrollo de la visión compartida. En este sentido, se advierte necesario realizar un abordaje interdisciplinario que contemple el AVID integrando saberes locales y científicos, ya sea para identificar, explicar y predecir los impactos del problema, como para diseñar las alternativas y evaluarlas de acuerdo a diferentes criterios. Además, en el marco de los talleres participativos es posible relevar las preferencias de los participantes con relación a los criterios de evaluación, y a partir de éstas, analizar los resultados en términos de ordenamiento de alternativas a las que se arriba.

Referencias bibliográficas

- Albrechts, L. (2010). How to Enhance Creativity, Diversity and Sustainability in Spatial Planning: Strategic Planning Revisited. In M. Cerreta, G. Concilio, y V. Monno (Eds.), *Making Strategies in Spatial Planning. Knowledge and Values* (pp. 3-25). New York: Springer, Dordrecht.
- Brouwer, J., Woodhill, A., Hemmati, M., Verhoosel, K., y van Vugt, S. (2018). *La Guía de las MSP: cómo diseñar y facilitar asociaciones de múltiples partes interesadas*. Wageningen: Universidad de Wageningen, CDI y Rugby, Reino Unido: Practical Action Publishing.
- Cabrini, S., Cristeche, E., de Prada, J., Dupleich, J., Engler, P., Espósito, M., Manchado, J. C., Mathey, D., Natinzon, P., Schutz, P., Tello, D. S., and Vicente, G. (2018). Percepción sobre el impacto ambiental de la producción agropecuaria de la región pampeana argentina. In "Los conflictos ambientales en América Latina I. Casos y reflexiones" (C. Ruggerio and F. Suárez, eds.), pp. 387-410. Ediciones Universidad Nacional General Sarmiento., Malvinas Argentinas, Buenos Aires, Argentina.
- Cristeche, E. R., Mathey, M. D., Tello, D. S., and de Prada, J. D. (2011). Percepción y conocimiento de los efectos ambientales de la producción agropecuaria en el Sur de la provincia de Córdoba, Argentina. In "VII Jornadas Interdisciplinarias de Estudios Agrarios y Agroindustriales", Buenos Aires, Argentina.
- de Bono, E. (1988). "Seis sombreros para pensar," Juan Granica S.A., Buenos Aires, Argentina.
- de Prada, J. D., Degioanni, A., Cisneros, J. M., Cantero G., A., Gil, H. A., Tello, D., Becerra, V., Pereyra, C. I., and Giayetto, O. (2018). Planificación del territorio: Elección del patrón de urbanización. El caso de la ciudad de Río Cuarto, Córdoba, Argentina. *Revista de Métodos Cuantitativos para la Economía y la Empresa*. 26, 25-51.

- de Prada, J. D., Degioanni, A., Cisneros, J. M., Galfioni, M. A., and Cantero G., A. (2017). Evaluación multicriterio de la expansión urbana, visión 2030. El caso Río Cuarto, Córdoba, Argentina. *Revista Iberoamericana de Economía Ecológica* 17, 153-168.
- ONU (2015). *Objetivos del desarrollo sostenible. 17 objetivos para transformar el mundo*. Vol. 2016, pp. Plataforma de desarrollo sostenible. Organización de las naciones Unidas.
- Romero, C. (1996). "Análisis de las decisiones multicriterio," 4/Ed. Isdefe, Madrid, España.
- Simon, H. A. (1955). A Behavioral Model of Rational Choice. *The Quarterly Journal of Economics* 69, 99-118.
- Simon, H. A. (1959). Theories of Decision-Making in Economics and Behavioral Science. *The American Economic Review* 49, 253-283.

CAPÍTULO 2

Métodos multicriterio discretos para la selección de alternativas y evaluación de la sostenibilidad

Tello, D.³; Cisneros, J. M.⁴ y Cristeche E.R.⁵

Resumen

La ordenación del territorio para el desarrollo sustentable implica la construcción de una visión compartida del futuro por los actores del sistema socio-ambiental. El principio de equifinalidad de los sistemas abiertos nos dice que pueden lograrse objetivos similares, por diferentes caminos o alternativas de planificación. El desafío entonces es encontrar métodos que permitan comunicar, evaluar y ayudar a la toma de decisiones sobre diferentes alternativas para alcanzar dicha meta. La evaluación de la sostenibilidad, implica la resolución de problemas complejos con múltiples actores y en muchos casos, criterios ambientales, sociales, económicos en conflicto, y en este sentido requiere de métodos que permitan seleccionar las alternativas evaluadas. Los métodos multicriterio discretos constituyen una herramienta fundamental para la elección de alternativas de manejo sostenible que posiblemente resuelvan

3 Investigador Asistente ISTE CONICET-UNRC. Docente Facultad de Ciencias Económicas, Universidad Nacional de Río Cuarto. dtello@fce.unrc.edu.ar

4 Docente del Departamento de Ecología Agraria, Facultad de Agronomía y Veterinaria, Universidad Nacional de Río Cuarto. jcisneros@ayv.unrc.edu.ar

5 Investigadora Centro de Investigación en Economía y Prospectiva, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Contacto: cristeche.estela@inta.gob.ar

este tipo de problemas de carácter socio-ambiental. Si bien no existe un método discreto que sea el mejor en todos los procesos de apoyo a las decisiones, la elección de uno u otro dependerá del caso de planificación que se trate, de la información disponible y de los criterios a tener en cuenta para evaluar las alternativas y las capacidades del equipo profesional. Este capítulo aborda una descripción sintética de los principales métodos multicriterio discretos y sugiere una serie de recomendaciones para su implementación.

Palabras clave: análisis multicriterio discreto; sostenibilidad; territorios rurales y periurbanos

Introducción

Las problemáticas socio-ambientales en territorios rurales en Argentina asociadas a prácticas agropecuarias posiblemente se agudicen en un futuro si se continúa con los mismos manejos productivos. Argentina posee una de las tasas de mayor deforestación, fragmentación y degradación de los bosques nativos y pérdida de otros hábitats naturales asociada a la producción agropecuaria (FAO, 2016), se encuentra entre los diez países con mayor cantidad de incendios forestales (FAO, 2010b), todo ello con la consecuente pérdida de diversidad biológica (Medan *et al.*, 2011). Las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) del sector agropecuario, representan un tercio de las principales emisiones totales nacionales (PNAAyCC, 2019). Argentina ocupa el tercer lugar en consumo mundial de plaguicidas con fuertes efectos adversos sobre los ecosistemas y la salud humana (Sharma *et al.*, 2019). Dos terceras partes de la superficie con aptitud de uso agropecuario están afectadas por erosión hídrica y eólica, habiéndose duplicado en el término de los últimos 40 años (Casas y Albarracín, 2015).

En este sentido, a los fines de resolver estas problemáticas socio-ambientales en territorios rurales, Argentina ha asumido compromisos internacionales para introducir cambios en el Estado y consecuentemente en el comportamiento de los agentes involucrados, en particular, en los productores agropecuarios. Argentina ha ratificado compromisos internacionales de mitigación y adaptación al cambio climático (Ley 27270, 2015), de protección de los humedales (Ley 23919, 1991), de conservación de la diversidad biológica (Ley 24375, 1994), de lucha contra la desertificación y sequía (Ley 24701, 1996) y la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible (Resolución ONU N° 70/1, 2015).

A pesar de esta multiplicidad de instrumentos de política, no se observa una visión consensuada entre productores, el Estado y la sociedad, sino más bien una profundización de conflictos sociales que retroalimentan el problema a futuro. La población urbana percibe negativamente estos efectos no deseados de la producción agropecuaria, señalando como los principales responsables al Estado (por falta de fiscalización) y a los productores agropecuarios (por falta de compromiso) (Cabrimi *et al.*, 2018; Cristeche *et al.*, 2011). Adicionalmente, la población urbana reclama por nuevas agendas como perspectiva de género (FAO, 2010a) y por la necesidad de generación de nuevos puestos de trabajo y desarrollo económico para sus territorios (Picciani y Bustamante, 2020). Por su parte, al interior del sector agropecuario, existe una disputa entre agricultores de subsistencia, productores agrícolas y ganaderos capitalizados, con diferencias significativas en la percepción sobre los efectos no deseados de la producción agropecuaria en el territorio rural (Cáceres *et al.*, 2015). En consecuencia, es

frecuente encontrar conflictos sociales en los territorios, p. ej. entre los productores capitalizados y las comunidades originarias, campesinas, y organizaciones de asambleas ambientales urbanas (Cáceres, 2015).

Para enfrentar este tipo de problemas socio-ambientales se hace necesario asistir en la construcción de contratos sociales, y la planificación u ordenamiento territorial, puede aportar a ello. La planificación territorial brinda un marco conceptual que permite integrar las políticas agropecuarias, ambientales, de urbanización con efectos espaciales que se originan en el territorio (Gómez Orea, 2008). Si bien existen diferentes procedimientos para construir estos instrumentos, todos consideran como elemento fundamental construir una visión de largo plazo compartida, obtenida a través de procesos participativos. La elección de la visión ayuda a precisar la transición hacia ella, y orienta el marco de actuación del Estado en sus respectivos niveles jurisdiccionales, y permite alinear expectativas y el liderazgo colaborativo de los diferentes actores sociales involucrados.

De esta forma, para la construcción de la visión compartida se sugiere usar los métodos de apoyo a la decisión. Estos métodos ayudan a identificar y precisar los problemas estructurales y estructurantes del territorio, formular las posibles visiones y alternativas para lograrlas y asistir al gobierno y los otros actores del territorio, a priorizar aquello que crea conveniente incluir en su agenda política (de Prada *et al.*, 2018), y derivar la estrategia a seguir hacia la construcción del futuro deseado.

En general, existen dos tipos de método de apoyo a la decisión: monocriteriales y multicriteriales (Falconi y Burbano, 2004). En el primer método, el Análisis Beneficio Costo (ABC) es probablemente el más difundido (Boardman *et al.*, 2006). El ABC tiene como principal característica la transformación de los efectos de las alternativas, en valores o unidades monetarias (Pearce *et al.*, 2006). La regla de decisión en este caso es un indicador de rentabilidad que permite elegir la alternativa que mayor beneficio neto de costos genera a un grupo de interés determinado (evaluación privada) o a la sociedad en su conjunto (evaluación social). Las ventajas de este enfoque son: i) la regla de decisión es simple y fácil de interpretar, y ii) los valores monetarios obtenidos permiten la comparación con otros proyectos o alternativas (Penna *et al.*, 2011).

Sin embargo, para la construcción de la visión compartida este método monocriterial presenta limitaciones. El ABC asume que el tomador de decisión es racional (y optimizador), que la eficiencia económica es el principal propósito del sistema social, y que la información es completa. Sin embargo, Simon (1979) demuestra que las decisiones reales suelen estar orientadas por múltiples objetivos, generalmente en conflicto, y que el diseño de alternativas y la información en los procesos de toma de decisiones son generalmente incompletos y/o están limitados. En este sentido, hay problemas en los que no hay una solución que optimice al mismo tiempo todos los criterios, por lo que es necesario llegar a una solución de compromiso entre los distintos valores e intereses, es decir, una solución que satisfice múltiples criterios.

A partir de estos aportes se desarrolla una metodología alternativa denominada análisis multicriterio. Los métodos multicriterio constituyen herramientas de la teoría de la decisión, para el análisis de diferentes alternativas representadas por variables de decisión, que son evaluadas a través del cumplimiento de objetivos, y valorados por criterios o atributos cualitativos y cuantitativos. La ventaja de aplicar métodos multicriterio en la resolución de problemas socio-ambientales complejos y de largo plazo en territorios rurales y periurbanos, no es encontrar una solución óptima sino su capacidad para explorar soluciones, generar y

evaluar alternativas y ganar en la percepción del problema, incluyendo otras dimensiones (con métricas más apropiadas a la naturaleza del problema).

En particular, en las últimas décadas se ha desarrollado un crecimiento significativo en las aplicaciones de resoluciones a este tipo de problemas mediante métodos multicriterio discretos. La construcción de una visión compartida se desarrolla en un contexto de múltiples alternativas, información inexacta, criterios en conflicto y con múltiples actores. En este sentido, uno de los enfoques multicriterio más desarrollados para este tipo de problemas es el que brindan los métodos multicriterios discretos (Huang *et al.*, 2011). El análisis multicriterio discreto permite ordenar y seleccionar una alternativa entre un conjunto limitado y competitivo de las mismas (Kangas *et al.*, 2015).

Las etapas de diagnóstico, análisis de escenarios, elaboración y valoración de las alternativas para diferentes criterios, da como resultado operativo la construcción de una matriz, denominada matriz principal o matriz decisional con los elementos R_{ij} , $i = 1 \dots m$ alternativas y $j = 1 \dots n$ criterios o atributos (Figura 2.1). R_{ij} toma los valores de las alternativas en cada criterio, conocidos también, como coeficientes técnicos de la matriz. La variable ponderación es una medida de la importancia que los decisores le asignan a cada uno de los criterios. Para clarificar la terminología se utilizarán como sinónimos los términos criterio y atributo, ponderación o peso.

	CRITERIOS (ATRIBUTOS)					
		C_1	C_2	C_j	...	C_n
ALTERNATIVAS	A_1	R_{11}	R_{12}	R_{1j}	...	R_{1n}
	A_2	R_{21}	R_{22}	R_{2j}	...	R_{2n}
	A_i	R_{i1}	R_{i2}	R_{ij}	...	R_{in}

	A_m	R_{m1}	R_{m2}	R_{mj}	...	R_{mn}
PONDERACION (PESO)		P_1	P_2	P_j	...	P_n

Figura 2.1: Esquema de la matriz principal utilizada en los métodos multicriterio discretos. Fuente: Elaborada en base a Romero (1993)

Los diferentes métodos multicriterio discretos varían en sus procedimientos para evaluar esta matriz de decisión, y ayudar a encontrar la alternativa mejor posicionada o preferida, frente a la complejidad del problema o los conflictos y considerando, las dimensiones económica, social y ambiental de la sostenibilidad.

El objetivo de este capítulo es realizar una introducción a las principales familias de análisis multicriterio discreto: 1) de medición de valor o utilidad multiatributo (también conocidos como métodos basados en *ranking*), 2) de sobreclasificación, 3) de nivel de preferencias o distancias.

Métodos de valor o utilidad multiatributo

Los métodos de utilidad multiatributo han sido desarrollados por autores de Estados Unidos, también conocidos como métodos de decisión multicriterios de la escuela americana. La característica principal de estos métodos de medición de valor o *ranking* es que produce puntajes para cada alternativa a partir de la asignación *a priori* de los pesos de cada criterio y la modelización de las preferencias a través de una función de valor (Palacios Saldaña y Pacheco Bonrostro, 2016). De manera que a cada atributo se le asigna un peso que representa su contribución parcial a una función de utilidad múltiple atributo, y permite asignar a cada alternativa un valor numérico (puntaje) para poder determinar el orden de preferencia (Palacios Saldaña y Pacheco Bonrostro, 2016). Por su naturaleza esta familia de métodos obtiene puntajes de manera aditiva y admite las compensaciones entre criterios para finalmente establecer un *ranking* de alternativas.

Método de las Jerarquías Analíticas (AHP)

Este método fue desarrollado por Saaty (1977), también conocido como AHP (*Analytical Hierarchy Process*, AHP, por sus siglas en inglés). AHP es un método de medición de alternativas a partir de criterios cualitativos o intangibles que utiliza comparaciones por pares junto con juicios de expertos (Filgueira *et al.*, 2005). El mismo descompone un problema complejo a través de una jerarquización determinando qué variables tienen mayor prioridad para la resolución de dicho problema. Se modeliza la solución al problema mediante un árbol de jerarquías, compara de a pares las alternativas a partir de la construcción de matrices que reflejan la importancia relativa de cada variable asignada por el decisor de acuerdo a la información relevada por el técnico, y finalmente se define el *ranking* de prioridad de las alternativas. El método cuenta con una escala de nueve grados (entre +9 cuando una opción es extremadamente preferida, 0 cuando es indiferente y -9 cuando es extremadamente no preferida) para describir una ventaja de una alternativa sobre otra. Los valores de las matrices de comparación en pares se multiplican por los vectores de preferencia criterial (que se calculan como la media aritmética de la valoración de cada criterio en la matriz de comparación de a pares), y posteriormente el vector de resultados obtenido permite establecer una clasificación de las alternativas en un *ranking* de mejor a peor. Para más detalles del desarrollo metodológico de AHP (Saaty, 1977)

Para una aplicación del método AHP ver estudio de caso de ordenamiento de una cuenca en el sur de Córdoba con 12 alternativas y 13 criterios (Cisneros, 2010, Antón *et al.*, 2016) o en la planificación de usos múltiples de los recursos forestales en los bosques de gestión privada de Finlandia (Kangas, 1991).

Método de la suma ponderal simple

El método evalúa alternativas respecto a criterios individuales que se normalizan (es decir toman valores entre 0 y 1) proporcionalmente a la evaluación más alta con respecto a cada

uno de los criterios. Según Wątróbski *et al.* (2019) la agregación de preferencias se reduce a determinar un producto de pesos de un criterio y a la evaluación de una variante con respecto a este criterio. Requiere hacer evaluaciones cuantitativas de los criterios y los pesos. El orden de las alternativas se obtiene de la suma producto del valor de cada alternativa con respecto a cada criterio, y normalizada por su correspondiente peso. A continuación, se suman todos estos productos para una alternativa determinada, y la que obtiene el mayor puntaje es la preferida. Para una aplicación del método ver estudio de caso de evaluación integrada de los servicios de los ecosistemas del viñedo que rodean al Parque Nacional de Doñana, España (Langemeyer *et al.*, 2018).

Una variante a este procedimiento lo constituye el Método MAUT (Método de utilidad multiatributo). Este método determina una clasificación de alternativas con el uso de la función de utilidad en forma aditiva. Según Wątróbski *et al.* (2019) se ponderan los criterios, y se agregan las utilidades derivadas de los criterios individuales con el fin de obtener una utilidad para cada alternativa. Se ordenan las alternativas de mayor a menor utilidad. Para una aplicación del método ver estudio de caso de gestión de los sedimentos contaminados para el puerto de Nueva York / Nueva Jersey, EEUU (Kiker, Bridges y Kim, 2008).

Métodos de decisión multicriterio discreto basados en sobreclasificación

También conocida como escuela europea, esta familia de métodos se caracteriza por establecer relaciones binarias (de a pares) entre las diferentes alternativas por umbrales de preferencia, es decir la mínima diferencia entre alternativas que hace que una sea mejor que otra (Palacios Saldaña y Pacheco Bonrostro, 2016). Se elaboran dos indicadores. Uno de fortaleza cuando una alternativa supera a las otras en algún criterio, y el otro indicador de debilidad cuando ésta es superada por las otras alternativas (Roy, 1991). Este tipo de métodos promueve un proceso deliberativo entre los actores involucrados ya que los tomadores de decisiones juegan un rol importante en la aplicación, asignando la importancia de cada criterio, definiendo la dirección de los objetivos, los umbrales de preferencia e indiferencia en el valor de los criterios (pseudocriterios), y reconsiderando los valores definidos previamente una vez conocidos los resultados preliminares el modelo a partir de los resultados preliminares, hasta encontrar una solución satisfactoria (Brans y De Smet, 2016).

Método ELECTRE⁶ (Método de eliminación y elección traduciendo la realidad)

El método ELECTRE permite evaluar ventajas y desventajas entre las alternativas en cada criterio y jerarquizarlas en orden de preferencia, de mejor a peor. Existen 6 métodos ELECTRE: I, II, III, IV, IS y TRI. Este método fue desarrollado por Roy (1985), y permite la selección de alternativas según relaciones de concordancia (A es mejor que B para un criterio dado) y discordancia (A es indiferente a B para un determinado criterio), en donde cada criterio lleva asociado un cierto peso asignado por el/los decisor/es. Ambas relaciones son luego integradas a partir de la aplicación de un algoritmo matemático por etapas que resulta en una matriz de dominancia agregada que permite determinar las alternativas que dominan (sobreclasifican) y que no son dominadas, a partir de la cual se produce una agregación de resultados que se traduce en un grafo semejante al del ejemplo de la Figura 2.3

⁶ ELECTRE (Elimination et choix traduisant la réalité)

que permite establecer un ordenamiento de alternativas de la más a la menos preferida. Para una descripción de la aplicación paso a paso de los métodos ELECTRE I, II, III y IV, consultar Roy (1991). Este método ha sido utilizado en evaluación de alternativas de ordenamiento de cuencas (Cisneros, 2010, Figura 2.3) y en problemas de localización de infraestructuras (Hokkanen y Salminen, 1997), entre otros.

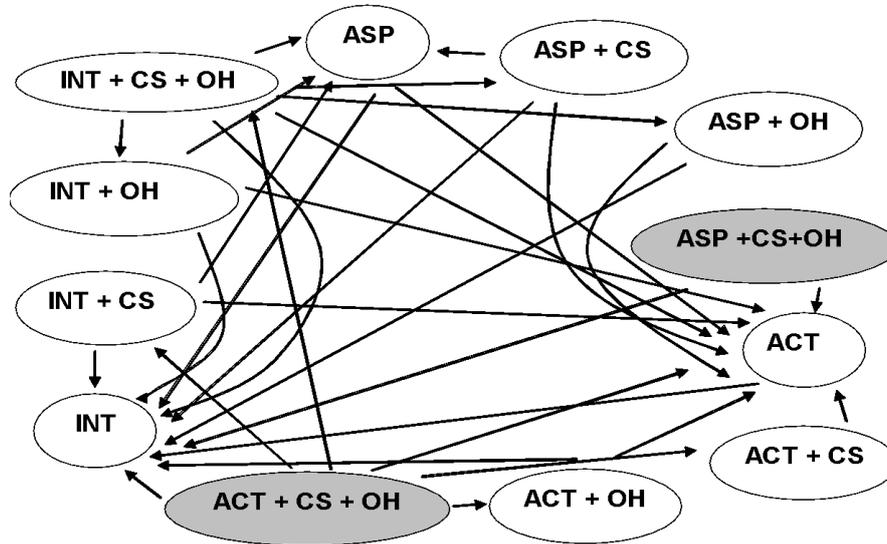


Figura 2.3: Grafo de ELECTRE donde se indican las relaciones de dominación (flechas que salen) de las alternativas ACT+CS+OH y ASP+CS+OH hacia el resto de las alternativas. Se concluye que estas alternativas son las preferidas por este procedimiento multicriterio (Detalles en Cisneros, 2010)

Método PROMETHEE (Método de organización de un ranking de preferencias para enriquecer la evaluación)

Este método fue desarrollado por Brans y Vincke (1985). Este método clasifica las alternativas en dominantes, dominadas o incomparables. Ordena las alternativas en base a diferentes procedimientos de asignación de valor a las diferencias entre criterios. Los criterios para los cuales la alternativa A es mejor que la B producen un cierto valor (fortaleza), y viceversa (debilidad), siendo la opción preferida aquella que muestra en el agregado las mayores fortalezas (expresadas por un valor con signo positivo) y menor debilidad (signo negativo), es decir el mayor valor neto. Todos los casos de estudio compilados en este libro aplican dicho método y en el capítulo 3 se presenta una guía de aplicación paso a paso del mismo al caso de expansión urbana de la ciudad de Río Cuarto, Córdoba, Argentina.

Métodos de nivel de preferencias o distancias

Este grupo de métodos tiene su origen en el método de “Programación Compromiso” y se basan en una función de agregación que representa la “cercanía al ideal” (Palacios Saldaña y Pacheco Bonrostro, 2016). La alternativa ideal se entiende como aquella que supera al resto en todos los criterios. En la aplicación de estos métodos la alternativa preferida es la más próxima a la ideal. A diferencia de los métodos de sobreclasificación en este tipo de métodos el único proceso de participación de parte del decisor es en la asignación de pesos a los criterios.

Método TOPSIS (Técnica para la preferencia del orden por similitud a la solución ideal)

Este método fue desarrollado por Yoon y Hwang (1985). Representa todas las alternativas como puntos en un espacio euclidiano y ordena las mismas en función de las distancias relativas a una solución ideal y a una solución anti-ideal (Opricovic y Tzeng, 2004). En este método se modela el problema, posteriormente define la matriz de decisión (conjunto de alternativas y criterios y el peso de cada criterio establecidos por el decisor), normaliza la matriz de decisión y construye la matriz de decisión normalizada ponderada (divide cada componente de la matriz por la norma del vector columna que integra), determina la alternativa ideal positiva (alternativa de mejor valor de la matriz normalizada ponderada) y la alternativa anti-ideal (alternativa de peor valor de la matriz normalizada ponderada), se calculan las medidas de distancia de cada alternativa a las alternativas de solución ideal y anti-ideal para determinar un ratio de proximidad relativa que se utilizará para ordenar las preferencias (Wańtróbski *et al.*, 2019). Para consultar el desarrollo paso a paso del método TOPSIS consultar Yoon y Hwang (1985). Este método ha sido utilizado para analizar la evaluación de alternativas productivas sostenibles de producción agraria en una cuenca del centro-sur de Córdoba, Argentina (Degioanni, Camarasa-Belmonte y Moreno Sanz, 2010) (Figura 2.3).

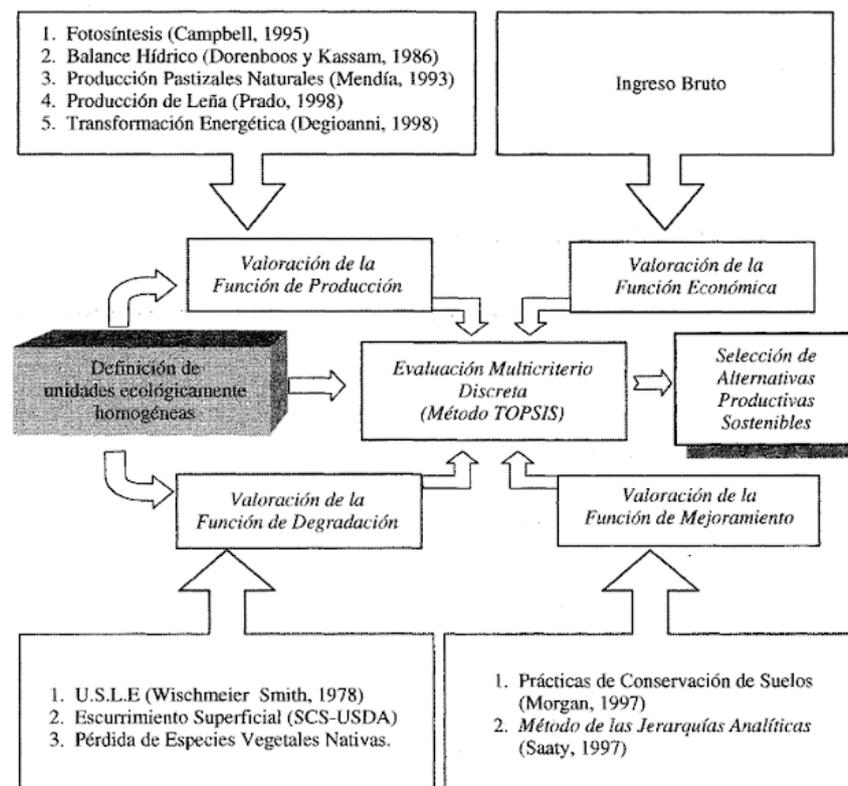


Figura 2.4: Esquema metodológico de aplicación de TOPSIS donde se indica el procedimiento para la evaluación de alternativas productivas sostenibles de producción agraria en un territorio rural (Detalles en Degioanni, Camarasa-Belmonte y Moreno Sanz, 2010)

VIKOR (Solución por compromiso para optimización multicriterio).

El método fue desarrollado por Opricovic (1998). El método VIKOR obtiene una solución de compromiso en función de una solución ideal de referencia. En primer lugar, se modela la solución al problema, definiendo las alternativas y los criterios para evaluarlas. Luego, se determinan la mejor y peor evaluación de cada criterio seleccionado. A diferencia del método TOPSIS usa una normalización lineal y los valores normalizados no dependen de la unidad de evaluación de un criterio. Posteriormente, se calculan medidas de utilidad y medidas de arrepentimiento para cada alternativa con respecto a cada criterio. A continuación, los valores mínimos y máximos de cada alternativa, cuya agregación en un índice denominado Q permite determinar la posición de una alternativa en la clasificación (Wątróbski *et al.*, 2019). El método VIKOR no suele ser empleado de manera independiente, en general se usa de manera complementaria junto con métodos como AHP, ELECTRE o PROMETHEE, que desarrollan y trabajan las alternativas, los criterios y sus pesos, para finalmente aplicar VIKOR en la fase final. Para una descripción detallada paso a paso del desarrollo del método consultar Opricovic y Tzeng (2007). Para una aplicación de VIKOR en combinación con AHP (para asignar los pesos de importancia relativa de los atributos) ver estudio de caso de selección de un proyecto de Energía Renovable en España (San Cristóbal, 2011).

Métodos híbridos: el caso del método de Modelización Interactiva Secuencial para Sistemas Urbanos (SIMUS)

Adicionalmente se describe un método desarrollado recientemente, que incorpora el apoyo a la toma de decisiones de problemas complejos a partir de un sistema híbrido de combinaciones de métodos de categorías anteriores. Este método se denomina Modelización Interactiva Secuencial para Sistemas Urbanos (SIMUS) y fue desarrollado por Munier (2011) y combina programación lineal, métodos de suma ponderada y de superación (outranking).

Munier, Hontoria y Jiménez-Sáez (2019) señalan que este método emplea el algoritmo de programación lineal Simplex para producir una matriz eficiente de Pareto y así obtener una solución óptima (puntuaciones) para cada objetivo. Posteriormente, a partir de la matriz obtenida, se analiza verticalmente y se usa para ponderar las sumas de puntajes, para encontrar el puntaje total para cada alternativa. Finalmente, examina la matriz horizontalmente mediante el concepto de superación (outranking), lo que también produce un puntaje para cada alternativa. Sin embargo, aun cuando los puntajes sean diferentes para los dos procedimientos, la selección de la mejor alternativa y la clasificación correspondiente son siempre iguales para ambos; esto es equivalente a resolver el mismo problema a través de dos métodos diferentes y obtener el mismo resultado. Entre las principales limitaciones los autores reconocen que algunos problemas reales no pueden ser abordados por programación lineal, ya que en esa etapa del procedimiento se trabaja con un único criterio objetivo y cuantitativo por vez.

Algunas recomendaciones para la selección del método

En primer lugar, es necesario señalar que no existe un método que, *a priori*, sea el mejor en todos los procesos de apoyo a las decisiones. Se recomienda, para la elección del método multicriterio discreto, tener en cuenta, el análisis de los siguientes cinco factores:

- *Nivel de planificación*: para propósitos de planificación de tipo estratégica y regional, normalmente con situaciones con un número finito y pequeño de alternativas discretas y un número grande de criterios y de tomadores de decisión, pueden aplicarse los métodos de sobreclasificación (Kangas *et al.*, 2001). Para propósitos de planificación táctica y predial, normalmente con un gran número de alternativas de programas de producción, se necesitan procedimientos de optimización más eficientes y se recomienda aplicar los métodos MAUT o bien métodos multicriterios continuos (Kangas *et al.*, 2001). No obstante, Cisneros (2010) analiza la variabilidad en la elección de alternativas por diferentes métodos discretos y concluye que muestran alta consistencia para elegir alternativas similares, en contextos de planificación a escala regional de cuencas.
- *Información disponible*: los métodos AHP o MAUT en general se recomiendan en los casos en que se disponga de información cardinal (Laukkanen *et al.*, 2002). Los métodos de sobreclasificación se han recomendado por su capacidad de tratar con información ordinal y sobre las alternativas a evaluar con alto grado de incertidumbre sobre los valores de los criterios (Kangas *et al.*, 2001).
- *Evaluación de las alternativas*: los métodos de sobreclasificación son usados para clasificar alternativas con un orden de preferencia ordinal, en tanto los métodos MAUT dan una medida de prioridades relativas a las alternativas (Laukkanen *et al.*, 2002).
- *Compensaciones*: los métodos basados en *ranking* se basan en un modelo de utilidad lineal aditivo y, por lo tanto, son totalmente compensatorios; los métodos de sobreclasificación tienen elementos compensatorios y no compensatorios; y los métodos de nivel de preferencias o distancias eligen una solución de compromiso y son no compensatorios (Laukkanen *et al.*, 2002).
- *Facilidad de comunicación*: En este sentido el método PROMETHEE y el de la suma ponderal, aparecen como más intuitivos y fáciles en su comprensión por parte del público, trabajan con un *ranking* lineal (suma ponderal) o con criterios de fortalezas y debilidades, que son fácilmente asimilables. Por el contrario, ELECTRE y AHP y los *métodos de nivel de preferencias o distancias* debido a la complejidad de los algoritmos de cálculo son más difíciles de comunicar.

Referencias bibliográficas

- Antón, J.M., J. B. Grau, J. M. Cisneros, A. M. Tarquis, F. V. Laguna, J. J. Cantero, D. Andina, E. Sánchez. (2016). Discrete multi-criteria methods for lands use and conservation planning on La Colacha in Arroyos Menores (Río Cuarto, Province of Córdoba, Argentina). *Annals Operations Research*, 245, 315–336 (2016). <https://doi.org/10.1007/s10479-014-1606-6>
- Boardman, A. E., Greenberg, D. H., Vining, A. R., & Weimer, D. L. (2006). *Cost-benefit analysis: concepts and practice* (3rd Edition (ed.)). Prentice Hall.
- Brans, & De Smet. (2016). PROMETHEE Methods. En S. Greco, M. Ehrgott, & J. R. Figueira (Eds.), *Multiple Criteria Decision Analysis: State of the Art Surveys* (pp. 187-219). Springer New York. https://doi.org/10.1007/978-1-4939-3094-4_6
- Brans, J. P., & Vincke, P. (1985). Note—A Preference Ranking Organisation Method. *Management Science*, 31(6), 647-656. <https://doi.org/10.1287/mnsc.31.6.647>

- Cabrini, S., Cristeche, E., de Prada, J., Dupleich, J., Engler, P., Espósito, M., Manchado, J. C., Mathey, D. ., Natinzon, P., Schutz, P., Tello, D., & Vicente, G. (2018). Percepción sobre el Impacto Ambiental de la Producción Agropecuaria de la Región Pampeana Argentina. En 1o Congreso Latinoamericano sobre Conflictos Ambientales: Oportunidades para una Gestión Sustentable del Territorio. Universidad Nacional de General Sarmiento. <http://www.ungs.edu.ar/colca2014/wp-content/uploads/2014/08/Libro-Resumenes-COLCA.pdf>
- Cáceres, D. M. (2015). Accumulation by Dispossession and Socio-Environmental Conflicts Caused by the Expansion of Agribusiness in Argentina. *Journal of Agrarian Change*, 15(1), 116-147. <https://doi.org/10.1111/joac.12057>
- Cáceres, D. M., Tapella, E., Quétier, F., & Díaz, S. (2015). The social value of biodiversity and ecosystem services from the perspectives of different social actors. *Ecology and Society*, 20(1). <https://doi.org/10.5751/es-07297-200162>
- Casas, R., & Albarracín, G. (2015). El deterioro del suelo y del ambiente en la Argentina. PROSA. Centro Para la Promoción de la Conservación del Suelo y el Agua.
- Cisneros, J.M. (2010). Bases para el ordenamiento territorial del sur de Córdoba (Argentina). El caso de la Cuenca de los Arroyos Menores. Tesis doctoral, Universidad Politécnica de Madrid. http://oa.upm.es/66178/1/JOSE_MANUEL_CISNEROS_IRAOLA.pdf
- Cristeche, E., Mathey, D., Tello, D. ., & de Prada, J. . (2011). Percepción y conocimiento de los efectos ambientales de la producción agropecuaria en el sur de la provincia de Córdoba, Argentina. . En J. I. de E. A. y Agroindustriales (Ed.), VII Jornadas interdisciplinarias de estudios agrarios y agroindustriales. CIEA, UBA. Buenos Aires. AR. 2011. 20 p. ISBN: 978-987-657-602-4.
- Degioanni, A. J., Camarasa-Belmonte A.M., Moreno Sanz, F. (2010). Evaluación de los recursos naturales para un uso y gestión sostenible de la producción agraria en una cuenca del centro-sur de Córdoba (Argentina). *Estudios Geográficos* 62(243). [DOI:10.3989/eggeogr.2001.i243.284](https://doi.org/10.3989/eggeogr.2001.i243.284)
- de Prada, J.D., Degioanni, A.J., Cisneros, J.M., Cantero Gutiérrez, A., Gil, H., Tello, D., Pereyra, C. & Giayetto.O. (2018). Planificación territorial: elección multicriterio interactiva del patrón de urbanización. Estudio de caso: Río Cuarto, Córdoba, Argentina//Territorial Planning: Interactive Multi-Criteria Decision for Urban Patterns. Case Study: Río Cuarto, Córdoba, Argen. *Revista de Métodos Cuantitativos para la Economía y la Empresa*, 26, 25-51. <https://www.upo.es/revistas/index.php/RevMetCuant/article/view/2630>
- Falconi, F., & Burbano, R. (2004). Economic tools for environmental management: mono-criteria vs. multi-criteria decisions. *Revista Iberoamericana de Economía Ecológica*, 1, 11-20.
- Figueira, J., Greco, S. y Ehr Gott, M. (Eds.). (2005). Multiple criteria decision analysis: state of the art surveys. Springer.
- FAO. (2010a). El Estado Mundial de la agricultura y la alimentación. Las mujeres en la agricultura: cerrar la brecha de género en aras del desarrollo (FAO (ed.)). <http://www.fao.org/publications/sofa/2010-11/es/>
- FAO. (2010b). Evaluación de los recursos forestales mundiales 2010: informe principal. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. <http://www.fao.org/docrep/013/i1757s/i1757s.pdf>
- FAO. (2016). Evaluación de los recursos forestales 2016. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. <http://www.fao.org/documents/card/en/c/6547e46e-3e6f-4c47-8dcb-8c5c19a18e00/>

- Gómez Orea, D. (2008). Ordenación Territorial. 2da. Edición. Ediciones Mundi Prensa. Madrid, España.
- Hokkanen, J. and P. Salminen. (1997). Electre III and IV decision aids in an environmental problem. *J. Multi-crit. Decis. Anal.* 6: 215-226.
- 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>
- Kangas, A., Kangas, J., & Pykäläinen, J. (2001). Outranking methods as tools in strategic natural resources planning. *Silva Fennica*, 35(2). <http://jukuri.luke.fi/bitstream/handle/10024/532531/outranking.pdf;sequence=1>
- Kangas, A., Kurttila, M., Hujala, T., Eyvindson, K., & Kangas, J. (2015). Multi-criteria Decision Problems. En *Decision Support for Forest Management. Second Edition* (Vol. 30). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-23522-6_4
- Kiker, G. A., Bridges, T. S., & Kim, J. (2008). Integrating comparative risk assessment with multi-criteria decision analysis to manage contaminated sediments: an example for the New York/New Jersey harbor. *Human and Ecological Risk Assessment*, 14(3), 495-511.
- Langemeyer, J., Palomo, I., Baraibar, S., & Gómez-Baggethun, E. (2018). Participatory multi-criteria decision aid: operationalizing an integrated assessment of ecosystem services. *Ecosystem services*, 30, 49-60.
- Laukkanen, S., Kangas, A., & Kangas, J. (2002). Applying voting theory in natural resource management: A case of multiple-criteria group decision support. *Journal of Environmental Management*, 64(2), 127-137. <https://doi.org/10.1006/jema.2001.0511>
- Medan, D., Torretta, J. P., Hodara, K., de la Fuente, E. B., & Montaldo, N. H. (2011). Effects of agriculture expansion and intensification on the vertebrate and invertebrate diversity in the Pampas of Argentina. *Biodiversity and Conservation*, 20(13), 3077-3100. <https://doi.org/10.1007/s10531-011-0118-9>
- Munier, N. (2011). Procedimiento fundamentado en la programación lineal para la selección de alternativas en proyectos de naturaleza compleja y con objetivos. Tesis Doctoral presentada por Nolberto Munier en la Universitat Politècnica de València: "Programa de Doctorado en Diseño, Fabricación y Gestión de Proyectos Industriales".
- Munier, N., Hontoria, E., & Jiménez-Sáez, F. (2019). Strategic approach in multi-criteria decision making (Vol. 275). Cham, Switzerland: Springer International Publishing.
- Opricovic, S. (1998). Multicriteria optimization of civil engineering systems. Faculty of Civil Engineering, Belgrade. [http://scholar.google.es/scholar?hl=es&q=Opricovic,+S.+\(1998\).+&btnG=&clr=#3](http://scholar.google.es/scholar?hl=es&q=Opricovic,+S.+(1998).+&btnG=&clr=#3)
- Opricovic, Serafim, & Tzeng, G. H. (2004). Compromise solution by MCDM methods: A comparative analysis of VIKOR and TOPSIS. *European Journal of Operational Research*, 156(2), 445-455. [https://doi.org/10.1016/S0377-2217\(03\)00020-1](https://doi.org/10.1016/S0377-2217(03)00020-1)
- Opricovic, S., & Tzeng, G. H. (2007). Extended VIKOR method in comparison with outranking methods. *European journal of operational research*, 178(2), 514-529.
- Palacios Saldaña, R., & Pacheco Bonrostro, J. (2016). Los métodos de decisión multicriterio discretos. Un punto de vista racional aplicado a la toma de decisiones. *Anáhuac Journal*, 16(1), 47-78. <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=fap&AN=126288689&lang=es&site=eds-live>

- Pearce, Atkinson, & Mourato. (2006). Cost-benefit analysis and the environment: recent developments. Organisation for Economic Cooperation and Development. http://www.lne.be/themas/beleid/milieueconomie/downloadbare-bestanden/ME11_cost-benefit_analysis_and_the_environment_oeso.pdf
- Penna, J. A., de Prada, J., & Cristeche, E. (2011). Valoración económica de los servicios ambientales: teoría, métodos y aplicaciones. Capítulo 4. En INTA (Ed.), Valoración de servicios ecosistémicos. Conceptos, herramientas y aplicaciones para el ordenamiento territorial. INTA. http://ced.agro.uba.ar/ubatic/sites/default/files/files/libro_serv_ecosist/pdf/Capitulo_04.pdf
- Picciani, A. L., & Bustamante, M. (2020). ¿Ciudad del campo o en el campo? dinámica e incorporación de núcleos poblacionales del sur de Córdoba a la modernización agropecuaria. el caso de la localidad de la Cautiva. Revista Americana de Emprendedorismo e Inovação, 2(1), 288-301.
- PNAAyCC. (2019). Plan de Acción Nacional de Agro y Cambio Climático. Versión 1-2019. <https://www.argentina.gob.ar/ambiente/cambio-climatico/agro>
- Romero, C. (1993). Teoría de la decisión multicriterio: conceptos, técnicas y aplicaciones. Alianza Editorial. ISBN: 978-842-068-144-3
- Roy. (1985). Méthodologie multicritère d" aide à la décision. Economica.
- Roy. (1991). The outranking approach and the foundations of electre methods. Theory and Decision, 31(1), 49-73. <http://www.lamsade.dauphine.fr/~mousseau/pmwiki-2.1.5/uploads/Research/Roy91.pdf>
- Saaty, T. L. (1977). A scaling method for priorities in hierarchical structures. Journal of Mathematical Psychology, 15(3), 234-281. [https://doi.org/10.1016/0022-2496\(77\)90033-5](https://doi.org/10.1016/0022-2496(77)90033-5)
- San Cristóbal, J. R. (2011). Multi-criteria decision-making in the selection of a renewable energy project in Spain: The Vikor method. Renewable energy, 36(2), 498-502.
- Sharma, A., Kumar, V., Shahzad, B., Tanveer, M., Sidhu, G. P. S., Handa, N., Kohli, S. K., Yadav, P., Bali, A. S., Parihar, R. D., Dar, O. I., Singh, K., Jasrotia, S., Bakshi, P., Ramakrishnan, M., Kumar, S., Bhardwaj, R., & Thukral, A. K. (2019). Worldwide pesticide usage and its impacts on ecosystem. SN Applied Sciences, 1(11), 1446. <https://doi.org/10.1007/s42452-019-1485-1>
- Simon, H. A. (1979). Rational decision making in business organizations. The American Economic Review, 69(4), 493-513. https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/34020338/Simon_1979_Rational_Decision_Making_1.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A&Expires=1502291860&Signature=IU2OO%2FfUfFA3nQHUXxlKnhJM02Y%3D&response-content-disposition=inline%3B filename%3DRational
- Wątróbski, J., Jankowski, J., Ziemia, P., Karczmarczyk, A., & Ziolo, M. (2019). Generalised framework for multi-criteria method selection. Omega (United Kingdom), 86, 107-124. <https://doi.org/10.1016/j.omega.2018.07.004>
- Yoon, K., & Hwang, C. L. (1985). Manufacturing plant location analysis by multiple attribute decision making: Part isingle plant strategy. International Journal of Production Research, 23(2), 345-359. <https://doi.org/10.1080/00207548508904712>

CAPÍTULO 3

Guía para la modelización multicriterio discreta PROMETHEE

Cristeche E.⁷; de Prada J.⁸ y Tello D.⁹

Introducción

El propósito principal de la Guía de aplicación de Análisis Multicriterio Discreto PROMETHEE es facilitar el aprendizaje de un método que permite analizar, discutir y ayudar a tomar decisiones estructurales de territorio en el medio rural y la franja urbano-rural. Particularmente, se hace referencia a decisiones discretas, en las cuales las alternativas a considerar son finitas, competitivas, y cuyos atributos o criterios (ambientales, económicos, sociales y político- institucionales) muestran algún conflicto.

El método de ordenación (*outranking*) PROMETHEE – *Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluation* – es uno de los métodos de ayuda multicriterio más recientemente desarrollados. Las versiones I (para ordenación parcial de alternativas) y II

7 Investigadora Centro de Investigación en Economía y Prospectiva, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Contacto: cristeche.estela@inta.gob.ar

8 Docente del Departamento de Economía Agraria, Facultad de Agronomía y Veterinaria, Universidad Nacional de Río Cuarto. Contacto: jdeprada@ayv.unrc.edu.ar

9 Investigador Asistente ISTE CONICET-UNRC. Docente Facultad de Ciencias Económicas, Universidad Nacional de Río Cuarto. Contacto: dtello@fce.unrc.edu.ar

(para ordenación completa de alternativas) fueron creadas por J.P. Brans en 1982. En tanto, los métodos PROMETHEE III (*ranking* basado en intervalos) y IV (problemas de decisiones continuas) fueron desarrollados por Brans y Mareschal en 1984. En 1988 fue introducido GAIA (Graphical Analysis for Interactive Aid) como un complemento gráfico de los métodos de ordenación PROMETHEE. En 1992, se desarrolla PROMETHEE V para resolver problemas con restricciones. En comparación con otros métodos multicriterio discreto, el método PROMETHEE resulta simple en cuanto a su concepción y aplicación, facilitando la comunicación entre modeladores y tomadores de decisiones, hecho que se evidencia en su amplia aplicación en diversos campos - gestión ambiental, logística, inversiones, salud pública, localización, etc. - en los últimos años (Bezhadian *et al.*, 2013).

La presente guía desarrolla el método PROMETHEE I y II cuyos resultados pueden ser obtenidos, ya sea usando una planilla de cálculo desarrollando un procedimiento paso a paso para interpretar resultados intermedios, o por “Visual PROMETHEE software”¹⁰. Se utiliza para ilustrar la aplicación del método paso a paso el caso de evaluación de alternativas de expansión urbana de la ciudad de Río Cuarto, en la provincia de Córdoba, Argentina.

Conceptos utilizados

Alternativa o acción (actuación) es utilizada en el método PROMETHEE para identificar la posible decisión o ítem a evaluar. La alternativa o acción es una de las propuestas a ser considerada en la evaluación u ordenación, y tiene atributos que la diferencian de las otras alternativas.

Criterio: se refiere a un atributo o característica asociada a cada alternativa que permite realizar las comparaciones de acuerdo a las preferencias de los tomadores de decisiones. Los valores de los criterios permiten diferenciar una alternativa de las otras y compararlas. En el método PROMETHEE, los criterios pueden ser cualitativos o cuantitativos. Los criterios permiten incorporar las dimensiones del desarrollo sostenible - ambiental, económica y social - poniendo sobre relieve los conflictos y las sinergias entre éstas para cada una de las alternativas o acciones a evaluar.

Objetivo es la dirección deseada de cambio de un criterio o atributo. Cuando se hace referencia a la “*maximización*” se entiende que un mayor valor del atributo es mejor o más deseable, y, por el contrario, cuando se hace referencia a “*minimización*” se entiende que un menor valor del atributo es mejor o más deseable.

Tomador de decisión (TD) corresponde al individuo, organización o institución que es responsable de establecer los criterios, los objetivos, y las preferencias para determinar la alternativa que mejor satisface sus intereses. En el método PROMETHEE el tomador de

¹⁰ Visual PROMETHEE es la última y más completa y actualizada implementación de software del Métodos de ayuda a la decisión multicriterio PROMETHEE y GAIA (MCDA). El software ha sido desarrollado por VPSolutions bajo la supervisión del profesor Bertrand Mareschal de la *Solvay Brussels School of Economics and Management de la Université Libre de Bruxelles* (Mareschal, 2013). Accesible en: <http://en.promethee-gaia.net/academic-edition.html>

decisión puede ser uno o varios, identificando las preferencias y atributos relevantes para cada uno.

Problema de decisión (para al menos un tomador de decisión) hace referencia a un conjunto de alternativas caracterizadas por un conjunto de criterios, que permiten su comparación de acuerdo a los objetivos y preferencias del TD.

Preferencia: se refiere a la valoración general que realiza el TD para seleccionar u ordenar las alternativas. El método PROMETHEE permite al TD manifestar sus preferencias mediante la definición de tres elementos: i) los objetivos asociados a los criterios (maximizar o minimizar), ii) la función de preferencia y sus umbrales, y iii) la ponderación o peso asignado a cada criterio.

Función de preferencia se refiere a la transformación de las magnitudes de las diferencias de un criterio entre alternativas, medidas en sus unidades originales, a valores relativos en el intervalo 0-1. Estos pseudocriterios en el intervalo 0-1 representan el grado de preferencia del TD. También, la función de preferencia normaliza las diferencias en la medición de criterios para facilitar la agregación¹¹. El método PROMETHEE, contempla seis tipos de funciones de preferencias (ver más adelante Tabla 2.2). Para los criterios cuantitativos la magnitud de la diferencia entre dos alternativas en un criterio j^h permite establecer umbrales de indiferencia, q_j , y de preferencia absoluta, p_j .

Umbral de indiferencia, q_j , es la magnitud mínima, medida entre los valores originales del criterio j^h , para la que el TD percibe que una alternativa es similar a la otra, asignándole un valor de 0 a la diferencia entre ambas. En otras palabras, un TD puede considerar dos alternativas (i, i+1) como iguales para el criterio j^h , sólo cuando la diferencia entre ambas no supera un cierto porcentaje (%) con respecto al rango¹² de ese criterio.

Umbral de preferencia absoluta, p_j , es la magnitud máxima medida en los valores originales del criterio j^h a partir de la cual el TD considera que la diferencia entre alternativas es relevante, y, por tanto, que una de ellas es significativamente mejor a la otra. Consecuentemente, le asigna un valor de 1 (uno) en la función de preferencia a la diferencia entre ambas alternativas.

Ponderación: Es el peso relativo que asigna el TD a cada uno de los criterios. La ponderación le otorga flexibilidad al TD y pone de manifiesto su escala de valores. Hay varios métodos de ponderación con sus ventajas y desventajas (ver más detalles en Pomerol y Barba Romero, 2000). Los métodos directos son más fáciles de comunicar e interpretar y el método de puntuación simple ha sido usado en este libro. Por ejemplo, un TD puede asignar más peso

¹¹ Por ejemplo, si el TD considera que la minimización es el objetivo deseado para el atributo costo de los servicios públicos - que varían de acuerdo a las alternativas consideradas entre AI(=\$1MM) y AII(=\$10MM)- entonces la diferencia (AI, AII) igual (\$-9MM) . Por tanto, la función de preferencia usual permite transformar esta magnitud a 1. En palabra la AI supera a la AII; y va agregar esta magnitud ponderada en las fortalezas de AI. En contraste, la diferencia (AII, AI) es \$9MM y con la función de preferencia asignará un 0. Por lo tanto, en la comparación de AII con AI no agrega valor a las fortalezas de AII.

¹² Diferencia entre el valor máximo y el valor mínimo que adquiere ese criterio para las distintas alternativas consideradas.

a criterios ambientales que a criterios económicos, en tanto que otro TD, puede asignar más peso a criterios sociales o económicos, y otro puede ponderar en igual magnitud a los criterios ambientales y económicos. En la presente guía, se considera un rango de ponderación entre 0 y 10. Si un TD asigna valor 0 a la ponderación de un criterio, significa que elimina dicho criterio de la evaluación de las alternativas; mientras que, si asigna 10, significa que ese criterio tiene la máxima importancia para él. Por su parte, aquellos valores ubicados entre 1 y 9 ponen de manifiesto grados de importancia intermedios.

Matriz de decisión, es una tabla que presenta en las filas las diferentes alternativas de decisión (A_i) y en las columnas los criterios o atributos (C_j) considerados para caracterizar a las alternativas definidas (ver Tabla 2.1). Asimismo, suele incluir las preferencias del TD con relación a los criterios para exponer la información que se utiliza al aplicar el método para la evaluación del problema. Dichas preferencias incluyen: los objetivos (maximizar o minimizar), los ponderadores (W), los ponderadores normalizados (w) las funciones de preferencias, y los umbrales de indiferencia (q_j) y de preferencia absoluta (p_j) (si corresponden) para cada uno de los criterios.

Tabla 2.1. Ejemplo de Matriz de decisión.

Alternativas	Criterios ²						
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
	Hectáreas	\$mil/año	\$mil/año	\$mil/año	Cantidad	Índice	Índice
A1: Tendencial	70.000	4	5	0	3.000	Bajo	Medio
A2	53.000	26	0	-71	2.500	Muy Bajo	Muy Alto
....	77.000	30	27	0	4.500	Alto	Bajo
....	57.000	41	20	-57	3.600	Alto	Alto
An	114.000	76	71	105	5.900	Muy Alto	Medio
Objetivo	MAX	MAX	MIN	MAX	MAX	MIN	MIN
F. Preferencia	V lineal	V lineal	V lineal	V lineal	V lineal	Usual	Usual
W	10	10	10	10	10	10	10
w normalizado	14,30%	14,30%	14,30%	14,30%	14,30%	14,30%	14,30%
Rango	61.000	72	71	176	3.354	4	3
q_j	6.1	7	7	18	335	Nc	Nc
p_j	54.9	65	64	158	3.019	Nc	Nc

Fuente: Elaboración propia. Nota: Para los criterios cualitativos C6 y C7, se consideran una escala ordinal que va de 1 (Muy Bajo) a 5 (Muy Alto).

Análisis de sensibilidad o paramétrico es el análisis que permite evaluar qué sucede con el *ranking* u ordenamiento de alternativas cuando se modifica uno o dos parámetros, por ejemplo: el valor de las ponderaciones, los umbrales de indiferencia y de preferencia. El

análisis de sensibilidad muestra la estabilidad de los resultados obtenidos ante cambios en los parámetros utilizados.

Análisis de escenarios: se refiere cuando se modifican un conjunto de preferencias o parámetros que representan diferentes hipótesis de cambio. En el método PROMETHEE los diferentes escenarios pueden representar diferentes puntos de vistas de los TD o diferentes hipótesis. Pueden significar un cambio en los parámetros de preferencias, e incluso el cambio de criterios de evaluación, debido al impacto diferentes de variables externas sobre las intervenciones.

Aplicación paso a paso del Análisis Multicriterio Discreto PROMETHEE II

En esta sección, se presenta de manera sintética el procedimiento paso a paso para implementar PROMETHEE II. El método PROMETHEE II tiene como objetivo establecer un ordenamiento (*ranking*) completo de un conjunto finito de alternativas (**A**) de acuerdo a su desempeño global considerando las preferencias de los tomadores de decisiones. El principio básico de PROMETHEE II consiste en la comparación de a pares de alternativas para cada uno de los criterios considerados.

En el Paso 1 se inicia el procedimiento para determinar desviaciones basadas en comparaciones por pares para cada uno de los criterios considerados. Se continúa aplicando una función de preferencia para cada criterio en el Paso 2, y en el Paso 3 se calcula el índice global de preferencia para cada par de alternativas. En el paso 4 se calculan la sumatoria de fortalezas y debilidades, y finalmente en el paso 5 se realiza el cálculo del resultado neto de estos dos últimos que deriva en un ordenamiento o *ranking* completo del conjunto de alternativas. A continuación, se presentan en detalle cada uno de estos pasos:

Paso 1. Determinación de las desviaciones basada en una comparación de a pares

$$d_j(a, b) = g_j(a) - g_j(b)$$

Donde $d_j(a, b)$ denota la diferencia entre las evaluaciones de las alternativas a y b para cada criterio j

Paso 2. Aplicación de la función de preferencias¹³

$$P_j(a, b) = F_j[d_j(a, b)] \quad j = 1, \dots, k$$

Donde $P_j(a, b)$ denota la preferencia de la alternativa a con respecto a la alternativa b en cada criterio j , como una función de $d_j(a, b)$

Paso 3. Cálculo de un índice global o integral de preferencias

$$\forall a, b \in A, \quad \pi(a, b) = \sum_{i=1}^k P_i(a, b)w_i$$

Donde $\pi(a, b)$ de la alternativa a sobre la alternativa b (de 0 a 1) es definida como la suma ponderada de $P(a, b)$ para cada criterio, y w_j es la ponderación asociada al criterio j –ésimo

Paso 4. Cálculo de flujos de *outranking* /ordenamientos / PROMETHEE I ranking parcial

$$\phi^+(a) = \frac{1}{n-1} \sum_{x \in A} \pi(a, x) \quad y \quad \phi^-(a) = \frac{1}{n-1} \sum_{x \in A} \pi(a, x)$$

Donde $\phi^+(a)$ y $\phi^-(a)$ denotan el flujo de ordenamientos positivos (fortalezas) y el flujo de ordenamientos negativos (debilidades) respectivamente para cada alternativa a . Y x representa el conjunto de alternativas restantes ($\neq a$).

Paso 5. Cálculo de los flujos netos de ordenamientos/ PROMETHEE II *ranking* completo

$$\phi(a) = \phi^+(a) - \phi^-(a)$$

Donde $\phi(a)$ denota el flujo de ordenamientos neto para cada alternativa.

Funciones de preferencia

Un aspecto fundamental en la aplicación del método PROMETHEE es la selección de la función de preferencias en el Paso 2.

PROMETHEE propone seis funciones de preferencia que se presentan en la Tabla 2.2 (ver más detalles en: Behzadian *et al.*, 2010; Brans y Mareschal, 2005).

¹³ En la próxima página (Tabla 2.2) se presentan las funciones de preferencias más difundidas para aplicar en el método PROMETHEE.

El eje de las ordenadas identifica la preferencia del criterio $j^{\text{ésimo}}$ entre 0 y 1; y el eje de las abscisas identifica la diferencia entre los pares de alternativas a_k y a_l para el criterio $j^{\text{ésimo}}$.

Tabla 2.2 Tipos de Funciones de Preferencia propuestas en PROMETHEE

Tipo de Criterio Generalizado	Definición	Parámetros a fijar
	$P_j(d_j) =$	
1. Usual	$\begin{cases} d_j(a_k, a_l) \leq 0 & 0 \\ d_j(a_k, a_l) > 0 & 1 \end{cases}$	-
2. Forma U	$\begin{cases} d_j(a_k, a_l) \leq q & 0 \\ d_j(a_k, a_l) > q & 1 \end{cases}$	q
3. Forma V	$\begin{cases} d_j(a_k, a_l) \leq 0 & 0 \\ 0 \leq d_j(a_k, a_l) \leq p & \frac{d_j}{p} \\ d_j(a_k, a_l) > p & 1 \end{cases}$	p
4. Forma Nivel	$\begin{cases} d_j(a_k, a_l) \leq q & 0 \\ q \leq d_j(a_k, a_l) \leq p & \frac{1}{2} \\ d_j(a_k, a_l) > p & 1 \end{cases}$	p, q
5. Forma lineal	$\begin{cases} d_j(a_k, a_l) \leq q & 0 \\ q \leq d_j(a_k, a_l) \leq p & \frac{d_j - p}{p - q} \\ d_j(a_k, a_l) > p & 1 \end{cases}$	p, q
6. Forma Gaussiana	$\begin{cases} d_j(a_k, a_l) \leq 0 & 0 \\ d_j(a_k, a_l) > 0 & 1 - e^{-\frac{d_j^2}{2s^2}} \end{cases}$	s

Fuente: Brans y De Smet (2016)

En cada caso se deben definir a lo sumo 2 parámetros.

Como fue mencionado en apartado anterior:

- q es un umbral de indiferencia;
- p es un umbral de preferencia absoluta;
- s es un valor intermedio entre q y p :

El umbral de indiferencia q es la mayor diferencia/desviación entre el desempeño de un par de alternativas para un determinado criterio considerada como insignificante por el TD, mientras que el umbral de preferencia p es la desviación más pequeña que se considera suficiente para generar de una preferencia de una alternativa sobre otra.

En los casos de los tipos 4. Forma nivel y 5. Forma lineal, deben definirse el umbral de indiferencia (q) y el umbral de preferencia absoluta (p).

En el caso del tipo 6, Forma Gaussiana, la función de preferencias se mantiene creciente para todas las desviaciones y no tiene discontinuidades, ni en su forma, ni en sus derivaciones. Debe definirse un parámetro s que determina el punto de inflexión de la función de preferencia. La recomendación es determinar en primer lugar q y p , y luego determinar un valor de s que se ubique en el medio de estos dos. Si s se ubica cerca de q , las preferencias se verán reforzadas ante pequeñas desviaciones, mientras que si s se ubica cerca de p las preferencias ante pequeñas desviaciones se verán suavizadas.

En la siguiente sección, se presenta la aplicación del método PROMETHEE II paso a paso al caso de expansión urbana de la ciudad de Río Cuarto, provincia de Córdoba.

Aplicación PROMETHEE II: Caso de expansión urbana ciudad de Río Cuarto

El medio físico y ordenamiento de territorio: definiciones conceptuales

El medio físico constituye los elementos y procesos naturales del territorio (para más detalles, ver: Gómez Orea (2008)). Sobre él se instala la población con sus múltiples relaciones – producción, consumo, generación de desechos, movilidad y hábitat - a través de una determinada forma de ocupación del territorio. En consecuencia, el medio físico constituye el soporte territorial de las múltiples actividades a ordenar en el espacio geográfico.

Los principales elementos del medio físico son:

- El medio inerte: lluvias, temperatura, aire, agua, suelo y subsuelo.
- El medio biótico: flora y fauna.
- El medio perceptual: paisajes y vistas.

Las funciones básicas que cumple el medio físico son cuatro:

- a) Función de provisión: fuente de recursos naturales (aire, agua, minerales) y materias primas para la producción de bienes (alimentos, energía, madera, fibras, etc.).
- b) Funciones de regulación: de los ciclos del agua, de los nutrientes, del carbono, etc.
- c) Funciones de soporte: para hábitat humano-ciudad, de la biota, recepción de residuos, infraestructura de comunicaciones, industrias, etc.

- d) Funciones culturales: recreación, turismo, actividades religiosas, actividades científicas, etc.

Para que el medio físico sea sostenible deben aplicarse criterios en el Ordenamiento Territorial (OT) según la función. Por ejemplo, para la función provisión, el uso de recursos para aquellos que son renovables (agua, suelos, vegetación) debe respetar las tasas de renovación. Por su parte, en el caso de los recursos no renovables (combustibles fósiles y minerales) el uso debe estar orientado a la eficiencia de consumo, la posibilidad de reciclado, entre otros.

En lo que respecta a la función soporte de disposición final de residuos, los criterios generales de sostenibilidad se sintetizan en disponer de un espacio apropiado como receptor final disminuyendo los volúmenes de emisión o vertido, considerando la eficiencia de los procesos de transformación para bajar la carga contaminante y así evitar consecuencias negativas en el ambiente.

Cada actividad que se asiente en el territorio, debe contemplar como criterio excluyente compatibilizar con las funciones críticas del medio físico (provisión, regulación, soporte o cultural). Por ejemplo, no destinar residuos a un sitio con alto riesgo de contaminación del agua o no permitir la expansión urbana en un sitio cuya función central es la recreación. Hecha esta salvedad, dado que el medio físico no es homogéneo, éste presenta diferentes aptitudes para cada actividad. Por el contrario, cada actividad genera un impacto sobre el medio físico que dependerá de la naturaleza de la misma y de la fragilidad del mismo. Por ejemplo, los espacios susceptibles a inundación (suelos bajos) tienen menos aptitud para el poblamiento¹⁴. A su vez, el poblamiento impacta sobre el régimen hídrico ya que aumenta la impermeabilización del suelo e incrementa el riesgo de inundaciones. La relación aptitud/impacto se define como la “Capacidad de Acogida del Territorio”.

Planificación territorial de la expansión urbana de la ciudad de Río Cuarto

Los grandes interrogantes a responder frente a la presión de crecimiento de la población urbana de la ciudad de Río Cuarto son: ¿dónde localizamos el crecimiento de la población urbana?, ¿con qué patrón de urbanización?

Los patrones de urbanización con menores impactos ambientales, económicos y sociales representan un gran desafío para los gobiernos, el Estado y la sociedad civil por dos razones principales. En primer lugar, la población urbana crece a un ritmo mayor que la población total; consecuentemente, se deberán crear las condiciones de hábitat y calidad de vida para albergar una mayor población urbana en el futuro. En segundo lugar, los movimientos de población urbana al periurbano o la expansión urbana dispersa “sprawl” amplían los conflictos y la conversión de tierras rurales a urbanas, más allá del propio crecimiento poblacional. Este patrón de urbanización disperso se materializa con alta densidad edilicia en el centro y en el establecimiento de barrios de baja densidad poblacional, enclavados en las zonas rurales, en forma discontinua y fragmentada, dejando grandes espacios vacíos (EEA, 2006). El patrón de urbanización dispersa genera graves inconvenientes (Carruthers y Ulfarsson, 2003a, 2003b; EEA, 2006). Un informe de la “Agencia Ambiental Europea”

¹⁴ Por poblamiento se entiende a la forma de asentamiento de los grupos de la población en el territorio.

menciona que la expansión urbana dispersa además socava la propia cultura y valores comunitarios, con mayor riesgo y dependencia alimentaria, y es muy probable que haga insuficientes los esfuerzos globales para alcanzar las metas de mitigación del cambio climático (ver más detalles en EEA, 2006). Los inconvenientes de la urbanización dispersa se han verificado también en América Latina (de Prada, Degioanni, Cisneros, Galfioni, y Cantero G., 2012; Inostroza, Baur, y Csaplovics, 2013; Matteucci & Morello, 2009; Morello *et al.*, 2000).

Existen varios patrones de poblamiento urbano que permiten controlar la dispersión. Las políticas de poblamiento urbano anti-dispersión han tenido resultados fiscales en términos de gasto en provisión de servicios públicos (luz, gas, caminos, protección policial, espacios verdes, salud, educación, etc.) más satisfactorios en comparación con ciudades con expansión dispersa (Carruthers y Ulfarsson, 2003). Uno de estos patrones de expansión anti-dispersión, la ecociudad, promueve: i) el incremento de la eficiencia en el uso de suelo, de la energía y del agua, ii) la asignación de prioridad a los peatones y ciclistas en términos de infraestructura de movilidad urbana, seguidos por transporte público, y por último, el automóvil, iii) usos múltiples del suelo, y iv) la inclusión de espacios verdes (Gaffron, Huismans, y Skala, 2008; Vernay, Salcedo Rahola, y Ravesteijn, 2010). Esta modalidad de poblamiento ha sido implementada en varias ciudades y comunas europeas con resultados muy promisorios (Gaffron *et al.*, 2008). El problema que se aborda en este capítulo para ilustrar la aplicación paso a paso del método PROMETHEE II es la elección de un patrón de urbanización y locación del poblamiento urbano adicional en una ciudad intermedia y comuna en la provincia de Córdoba, Argentina: Río Cuarto, que reduzca los inconvenientes detectados en la expansión urbana dispersa.

Modelo multicriterio discreto: propuestas de ordenamiento y criterios

En esta sección, se resuelve con el método PROMETHEE II una matriz de decisión de cinco alternativas de propuesta de expansión urbana (PEU) al año 2030 y siete criterios de evaluación de las mismas, tomando la información de los trabajos de Prada *et al.* (2012, 2017). A continuación, se presentan las propuestas de expansión urbana:

PEU1: Río Cuarto-Tendencial: La *PEU1* constituye la proyección de la tendencia histórica de ocupación del territorio (Ver Figura 3.1). En ella la expansión de la urbe sobre el medio rural se realizó según las fuerzas que han operado como factores de localización en el pasado, básicamente guiadas por la infraestructura pública heredada que ha repercutido en la diferenciación del mercado de tierras y sus precios. Aunque coexisten diferentes formas de desarrollo y ocupación, en la mayoría de los casos la población ha ocupado el suelo sin funciones urbanísticas, y posteriormente ha reclamado por el desarrollo de los servicios públicos (luz, agua, cloacas, etc.) para que pueda cumplir dichas funciones. En esta situación el crecimiento urbano es disperso, sin control, con muchos parches urbanos que pueden localizarse aún fuera del límite actual de la ciudad.

PEU2: Río Cuarto Ecociudad 2030. Esta alternativa se propone incrementar la población urbana para el año 2030, sin expandir los límites urbanos actuales sobre el medio rural (Figura 3.1). La urbanización se realiza densificando, renovando y ocupando las áreas vacías dentro del actual límite urbano (propiedades privadas sin usos específicos, enmalezados, etc.). El

patrón de movilidad urbana, gestión de los residuos, y poblamiento sigue los lineamientos establecidos por Gaffron *et al.* (2008) en toda la ciudad¹⁵.

PEU3: Río Cuarto expansión hacia el Norte. En esta alternativa de ordenamiento, la ciudad se expande hacia el Norte (entre las rutas nacionales 36 y 158), ocupando las tierras de media aptitud productiva y baja aptitud ecológica (ver Figura 3.1). La fuerza impulsora de locación de esta área la constituye el desarrollo diferencial de infraestructura pública (infraestructura de movilidad y servicios) por fuera de los límites de la circunvalación en el actual gran Río Cuarto. En esta alternativa al igual que la PEU4 y PEU5 se actúa sobre el nuevo espacio con los principios similares a la PEU2-Eco-ciudad para su urbanización. En tanto, se diferencia de la PEU2 porque en la actual área urbanizada no se inducen transformaciones mayores, aunque si se incluye la cobertura de los servicios básicos (agua potable, cloacas, gas y desagües pluviales). Esta propuesta, al igual que las PEU4 y PEU5, puede albergar más población de la proyectada para el año 2030 de acuerdo a la superficie y densidad adoptada.

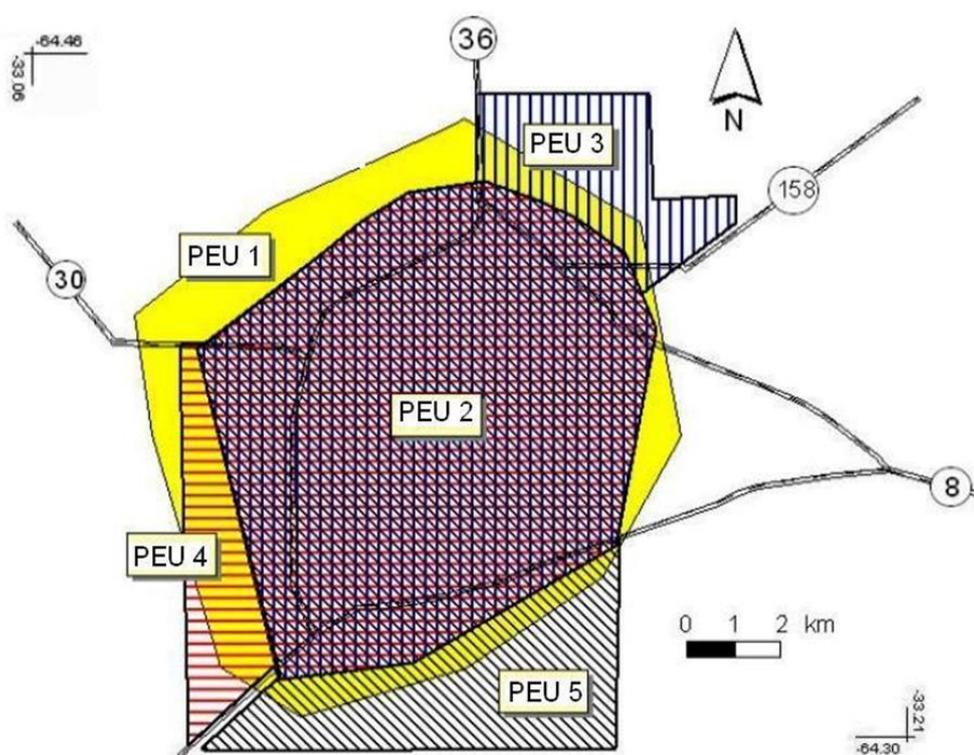


Figura 3.1. Localización de las alternativas de expansión urbana, ciudad de Río Cuarto, Córdoba, Argentina. Fuente: Elaboración propia

¹⁵ Esta alternativa consiste en un bloque de ocho (8) torres con ocho (8) pisos por torre y una hectárea asignada a una plaza pública. La tierra asignada a cada torre es en promedio una hectárea, la torre ocupa una superficie cubierta de 500 m² en promedio y el resto del área (9500m²) es utilizada con diferentes fines: parque, huerta, espacio para convertir los residuos orgánicos, receptor agua de lluvia, e infraestructura de uso común (p.e. quincho y piscina, sendas peatonales internas, etc.). Cada torre tiene una capacidad de 93 habitantes (30 hogares). El ancho de calle entre bloques es en promedio de 40m. Nota: las prioridades para la movilidad son: 1) peatonal, 2) bicicletas, 3) el transporte público, y 4) el vehicular en la última jerarquía. Es importante notar que, dada la modalidad de ocupación hasta el año 2008, existen importantes áreas sin urbanizar dentro de lo que ha sido definido como límite de la ciudad y que es aproximadamente el 40% de la superficie de esta alternativa.

PEU4: Río Cuarto expansión hacia el Oeste. En esta alternativa la ciudad se desarrolla entre la ruta provincial 30 y la nacional 8 aproximándose hacia la localidad de Holmberg y ocupando tierras de media aptitud productiva y baja aptitud ecológica. En esta propuesta, la fuerza de localización también la constituye el desarrollo diferencial de infraestructura pública por fuera de los límites de la actual circunvalación, particularmente sobre ruta 30 hacia el oeste (Golf Club). El área urbanizada se proyecta también considerando criterios de sustentabilidad y puede albergar más población que la proyectada para el año 2030, de acuerdo a la superficie y densidad adoptada.

PEU5: Río Cuarto expansión hacia el Sur. En esta alternativa la ciudad se expande hacia el Sur cuyo eje lo constituye el camino a Santa Flora y se conecta con la ruta nacional 8 en dos puntos: al norte y al oeste. Integra en su espacio los parques industriales, el Aeroclub, la Sociedad Rural y el autódromo (ver Figura 3.1). Ocupa tierras de media a alta aptitud productiva y baja aptitud ecológica. La fuerza impulsora de localización es el desarrollo diferencial de la infraestructura pública. El área urbanizada se proyecta también considerando criterios de sustentabilidad y puede albergar más población que la proyectada para el año 2030.

Criterios

Criterio 1: Pérdida de Renta Agraria (PRA): es equivalente al costo de conversión de tierras rurales a urbanas. Se calcula mediante el Valor Actual de una renta agraria a perpetuidad representado por la siguiente ecuación:

$$PRA = \frac{1}{r} \sum_{i=1} (A_i^{eu} RE_i + 0.5A_i^{za} RE_i)$$

donde A representa el área de tierra afectada hasta el año 2030, RE la renta económica, el subíndice i identifica las unidades de tierra de acuerdo a la aptitud productiva, los superíndices eu y za a la expansión urbana y la zona de amortiguación respectivamente, y r representa el costo de oportunidad social de la tierra, que se asume del 2%. La renta económica RE , es la diferencia entre los ingresos anuales de los productos agrarios neto de los costos directos de producción, tomado de Gil (2010) en precios constantes (\$) promedio 2012. Para la tierra virgen (vacíos dentro de los ejidos urbanos que no están siendo utilizados con propósitos urbanísticos, ambientales, paisajísticos o agrarios) se considera que la renta económica es prácticamente cero. El segundo componente de PRA usa un coeficiente de 0,5 para representar la reducción de la RE del 50% en la zona de amortiguación. Este valor es arbitrario para reconocer la necesidad de un área regulada para reducir conflictos urbanos rurales futuros.

Criterio 2: Población futura estimada (PFE). La población para el año 2030 en la *PEU1*-tendencial y la *PEU2*-Ecociudad se proyecta en base a la tasa de crecimiento poblacional histórica. En contraste, la *PEU3*, la *PEU4* y la *PEU5*, albergarían más población que la tendencial con el objetivo de reducir la presión poblacional sobre los grandes centros urbanos del país. En este criterio, el espacio rural convertido a urbano considera una densidad poblacional de alrededor de 65 habitantes por hectárea, y permitiría alcanzar una densidad

en la ciudad de 28, 26 y 31 habitantes por hectárea para el año 2030 en la *PEU3*, la *PEU4* y la *PEU5*, respectivamente.

Criterio 3: Pérdida de servicios ecosistémicos (PSE). La conversión de tierras rurales a urbanas reduce la capacidad de las mismas de brindar servicios ecosistémicos (ej. biodiversidad, regulación de ciclo de carbono y agua, etc.). En el área de estudio se delimitaron cuatro unidades ambientales con aptitudes diferentes para ofrecer servicios ecosistémicos. Se asignó un índice de aptitud que toma un valor de 100, 50, 20 y 10 para cada una de las unidades ambientales: la ribera del río Cuarto; el humedal de San José; la faja fluvio-eólica; y las planicies eólicas sur y norte, respectivamente. La PSE se estima mediante la suma ponderada del correspondiente índice de aptitud y el área de tierras rurales convertidas a urbanas.

Criterio 4: Costos de inversión de infraestructura vial (CIIV). El desarrollo de la infraestructura vial constituye una fuerza de localización importante. El criterio considera las inversiones en las redes viales terrestres para mantener la conectividad. La infraestructura contempla las rutas colectoras y obras de cruce para conectar las áreas urbanas externas a la ciudad. Además, se consideran las inversiones en infraestructura de sendas peatonales, bicisendas e infraestructura para el transporte público en las zonas urbanizadas para la *PEU2*.

Criterio 5. Recolección de residuos sólidos urbanos (RRSU). El 60% de los residuos sólidos urbanos (RSU) son orgánicos (Delgadino *et al.*, 2011) y la cantidad total de RSU recolectados depende del patrón de expansión urbana. El aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos en el sitio reduce significativamente las necesidades de recolección. En la *PEU1*, se considera que el sistema de gestión de RSU se mantiene similar al actual. Por el contrario, en la *PEU2* se considera que la población aprovecha los residuos orgánicos presentes en los RSU en su hogar o barrio. En las zonas urbanas existentes, la meta propuesta es que al menos un 30% de los residuos orgánicos generados en el hogar se aprovechen en el sitio, mientras que el 70% restante sea recolectado en forma similar a la actual. Por el contrario, en las zonas urbanas nuevas, la meta es que el 60% de los RSU se aproveche en el sitio y, por lo tanto, solo el 40% de los RSU generados necesite de recolección y transporte. Estos parámetros se utilizan para estimar la cantidad de RSU a recolectar en la *PEU2*. En la *PEU3*, la *PEU4* y la *PEU5*, se considera el 60% de aprovechamiento de los residuos orgánicos, solo en las nuevas áreas urbanizadas.

Criterio 6: Extensión de redes de servicios públicos (E-Redes). Se cuantifica la extensión de las redes troncales de agua potable, cloacas, gas natural y desagües pluviales, por las distancias para garantizar el 100% de cobertura de estos servicios públicos. Debido a que las dimensiones de cada una de las redes que permiten brindar el servicio varían en forma similar entre las distintas *PEU*, se unifican en un único criterio: Extensión de redes, medido en kilómetros y considerando este criterio un indicador *proxy* del costo de provisión de los servicios públicos mencionados.

Criterio 7: Esfuerzo político – institucional (EPI). Este criterio explicita la dimensión político-institucional en la construcción de cada una de las *PEU* a futuro, reconociendo los conflictos y los actores sociales que tienen poder para incidir en el futuro del territorio. Matus (2008) menciona que, en democracia, el gobierno cumple tres funciones claramente discernibles y que no deben confundirse: a) el diseño de las reglas que inducen y rigen los comportamientos del sistema social en el que se aspira a vivir; b) el diseño del proyecto

político (de gobierno) para utilizar o modificar las reglas sociales establecidas (explícitas e implícitas); y c) la conducción del proceso político, evaluando y corrigiendo sus resultados. En la primera y segunda función, se explicita la dimensión político-ideológica y el deseo de una sociedad deseada, considerando la forma elegida para alcanzarlo. En la tercera función la capacidad de los gobernantes para poner en práctica el proyecto y resolver los conflictos emergentes. El EPI captura en forma cualitativa la distancia entre los requerimientos para alcanzar el comportamiento para cada *PEU* y el comportamiento social actual. En este sentido, mantener el *status quo* tiene el menor EPI (*PEUI* tendencial); mientras que alcanzar el comportamiento social para desarrollar la *PEU 2*-Ecociudad requiere del mayor EPI por ser aquella que presenta las mayores diferencias con las reglas de comportamiento social actual.

Evaluación de las alternativas Propuestas de Expansión Urbana (*PEU*)

En la matriz de decisión, se pueden apreciar todas las *PEU* y el valor de los criterios (ver las primeras cinco filas de la Tabla 2.3). Es importante notar que no hay una *PEU* que supera a otra en todos los criterios. Por ello, es necesario buscar una solución de compromiso de acuerdo al peso que se le asigne a cada criterio.

Tabla 2.3 Matriz de decisión de las alternativas de expansión urbana (*PEU*) de la ciudad de Río Cuarto al 2030

	PRA \$ millones	PFE habitantes	PSE índice	CIIV \$ millones	RRSU ton/año	E-Redes km	EPI
PEU1	197	201.032	50.260	293	77.046	782	Muy bajo
PEU2	41	201.032	0	250	48.744	383	Muy alto
PEU3	106	232.936	1.850	266	71.561	552	Intermedio
PEU4	88	214.281	8.980	234	68.701	505	Intermedio
PEU5	140	280.776	19.210	308	78.895	655	Alto
Objetivo	Min	Max	Min	Min	Min	min	min
Tipo de preferencia	Lineal	Lineal	Lineal	Lineal	Lineal	Lineal	Usual
Pesos	1	1	1	1	1	1	1
Rango	156	79.744	50.260	74	30.151	399	-
Umbral q_j	31,2	15.948,8	10.052,0	14,8	6.030,2	79,8	Nc
Umbral p_j	124,8	63.795,2	40.208,0	59,2	24.120,8	319,2	Nc
$p-q$	94	47.846	30.156	44	18.091	239	-

Nota: *PEU*: Alternativa propuesta de expansión urbana; PRA: Pérdida de renta agraria, PSE: Pérdida de servicios ecosistémicos; CIIV:= Costos de inversión en la infraestructura vial; RRSU: Recolección de residuos sólidos urbanos; E-Redes: Extensión de redes de servicios públicos; y EPI: Esfuerzo político institucional.

Fuente: Elaboración propia.

Para la construcción de los criterios cuantitativos la función de preferencia utilizada es de tipo Lineal con un 10% en el umbral de indiferencia (q_j) y un 90% para el umbral de preferencia (p_j). Para el análisis de sensibilidad la función de preferencia se aumenta a un 30% el umbral de indiferencia (q_j) y un 70% el umbral de preferencia (p_j). En el caso de los criterios cualitativos la función de preferencia utilizada fue el tipo Usual.

En la siguiente sección se presentan una serie de ejercicios para resolver el modelo multicriterio definido para evaluar las alternativas de expansión urbana de la ciudad de Río Cuarto al 2030, aplicando el método PROMETHEE II en una planilla de cálculo y posteriormente con el software Visual PROMETHEE.

Ejercicios: Resolver el modelo multicriterio PROMETHEE

Para resolver el modelo multicriterio y ganar familiaridad con la notación matemática se desarrolla paso a paso el método PROMETHEE II. El archivo “*eje AMC PROMETHEE.xls*”¹⁶ contiene la matriz de decisión y etiquetadas las tablas para realizar los cálculos paso a paso.

Las instrucciones para trabajar en la planilla de cálculo se expresan en recuadros intercalados con los pasos sugeridos por Brans y Mareschal (2005) y Behzadian *et al.* (2010) para realizar el proceso de cálculo paso a paso.

En primer lugar, denotamos A para un conjunto de alternativas de expansión urbana a_i , $i = 1, 2, \dots, n$; y G un conjunto de criterios cualitativos y cuantitativos de evaluación de dichas alternativas denotados g_j , $j = 1, 2, \dots, m$

Paso 1. Transformar los criterios minimizar a maximizar

Se multiplica por (-1) aquellos g_j que son minimizados, en tanto, los criterios que son maximizados conservan su signo.

Paso 2. Calcular las diferencias entre alternativas por criterio $j^{\text{ésimo}}$

$d_j(a_i, a_k) = g_j(a_i) - g_j(a_k)$, para los subíndices i distintos de k ,

donde $d_j(a_i, a_k)$ representa la diferencia entre la alternativa a_i y a_k .

En el archivo *eje AMC PROMETHEE.xls* para cada criterio: PRA, PSE, CIIV, RRSU, E-Redes, EPI, etc. hay una Tabla para realizar las diferencias entre alternativas por criterio. Las Tablas están numeradas 2.1.-, 3.1.-, ..., 8.1.- (celdas B21 a B77).

¹⁶ El archivo “*eje AMC PROMETHEE.xls*” se puede acceder y descargar desde el repositorio Institucional de INTA <https://repositorio.inta.gob.ar/handle/20.500.12123/13610>

Se sugiere realizar las operaciones con fórmulas incluidas en la *Planilla de cálculo* para facilitar posteriormente el análisis de sensibilidad.

1. En la Tabla 2.1., tomar los valores del PRA desde la matriz de decisión (celdas C6:C10) y copiarlos en las celdas A24:A28, debajo de la etiqueta “PRA valor”.

Nota: Para este criterio - al igual que para los criterios PSE, CIIV, RRSU, E-Redes y EPI - se multiplica por (-1) cada uno de los valores copiados de la matriz de decisión a la correspondiente tabla de diferencias, para transformar los valores del criterio cuyo objetivo es minimización a maximización (Paso 1)

2. Tomar los valores A24:A28 y copiarlos de manera traspuesta para queden en la Fila 22, encima de la etiqueta de cada *PEU*, celdas C22, D22;..., G22.

Nota: Para este criterio - al igual que para los criterios PSE, CIIV, RRSU, E-Redes y EPI - se multiplica por (-1) cada uno de los valores copiados de la matriz de decisión a la correspondiente tabla de diferencias (celdas C6:C10 y celdas C22: G22), para transformar los valores del criterio cuyo objetivo es minimización a maximización (Paso 1)

3. Calcule las diferencias para el criterio PRA. A modo de ejemplo, en la celda D24: $d_1(PEU1, PEU2) = PRA_1 - PRA_2 = -197 - (-41) = -156$. Dicha diferencia en formula Excel, se expresa: “+ \$A24-D\$22”. Copiar la formula y completar la tabla 2.1 con todas las diferencias entre pares de alternativas.
 4. Chequee los resultados obtenidos.
 5. Repita los puntos anteriores y complete las tablas 3.1 a 8.1.
-

Paso 3. Aplicar la función de preferencias

$$P_j(a_l, a_k) = F[d_j(a_l, a_k)], \quad 0 \leq P_j(a_l, a_k) \leq 1$$

donde P_j es la función de preferencias en el criterio $j^{\text{ésimo}}$ de la alternativa a_l con respecto a la a_k , transformando la diferencia d_j en una escala entre 0 y 1.

Por tanto, la función de preferencia asigna un valor entre 0 y 1 a la diferencia entre a_l y a_k para el criterio $j^{\text{ésimo}}$

La función Usual (ver ítem 1 arriba, Tabla 2.2) es utilizada para criterios cualitativos. Siguiendo la notación de la Tabla 2.2, si a_l es mejor que a_k , para el criterio $j^{\text{ésimo}}$ se le asigna 1; de otro modo 0.

Por otra parte, la Función Lineal (ver ítem 5, arriba Tabla 2.2), se utiliza para los criterios cuantitativos, donde q_j y p_j representan los umbrales de indiferencia y preferencia absoluta para las $d_j(a_l, a_k)$.

En el archivo *eje AMC PROMETHEE.xls* para cada criterio: PRA, PFE, EPI, etc. hay una Tabla para aplicar las funciones de preferencias. Las tablas están numeradas 2.2.-, 3.2.-, ..., 8.2.- (Celdas K22 a K78).

1. Considerando la forma funcional lineal desarrollada en la Tabla 2.3, en la tabla 2.2., tomar las diferencias de la PRA desde la Tabla 2.1 y transformarlas con la función de preferencia considerando los valores p_i y q_i .

Nota 1: para realizar esta operación se sugiere utilizar la función lógica(si) en Excel. por ejemplo, en la celda L24:

$$=SI(C24>\$C\$17; 1; SI(C24>\$C\$16;((C24-\$C\$16)/(\$C\$17-\$C\$16));0))$$

(en este caso, en L24 la aplicación de esta fórmula da como resultado 0)

Copiar la formula y completar la Tabla 2.2 con la aplicación de la función de preferencias.

2. Chequee los resultados obtenidos.
3. Repita la operación realizada en los ítems anteriores para completar las tablas 3.2, ..., 8.2-
Nota 2: La Tabla 8.2. corresponde a un criterio cualitativo (EPI), al que se le aplica la función de preferencias Usual (1, Tabla 2.3) y por tanto se utiliza otra función lógica (SI). Por ejemplo, en la celda L80:

$$=SI(C80>0;1;0)$$

Nota 3: Inicialmente utilizamos los parámetros 10% y 90% del rango de los criterios para q_j y p_j respectivamente. Posteriormente, se realiza el análisis de sensibilidad de estos parámetros.

Paso 4. Calcular el índice multicriterio o de preferencia global

$$\pi(a_l, a_k) = \sum_j w_j P_j(a_l, a_k)$$

$$\sum_{j=1}^k w_j = 1$$

donde $\pi(a_l, a_k)$ es el índice multicriterio que mide cuanto a_l es preferida a a_k considerando todos los criterios.

w_j es el peso o ponderador para las preferencias $P_j(a_l, a_k)$ para el criterio $j^{\text{ésimo}}$, con los valores normalizados i.e. cuanto mayor sea w_j más peso toma el criterio $j^{\text{ésimo}}$ en el índice multicriterio.

En el archivo *eje AMC PROMETHEE.xls*, complete la Tabla 9 (Celda K89).

-
1. En la Tabla 9, para cada celda realice la suma ponderada por el peso normalizado de las preferencias obtenidas en las Tablas 2.2 a 8.2.

Por ejemplo,

$$\pi(PEU1, PEU2) = w_1 P_1(PEU1, A_{PEU2}) + w_2 P_2(PEU1, PEU2) + \dots + w_7 P_7(PEU1, PEU2).$$

En la celda L91, es equivalente, a la siguiente formula en Excel:

$$=+\$C\$14*L24+\$D\$14*L34+\$E\$14*L43+\$F\$14*L53+\$G\$14*L62+\$H\$14*L71+\$I\$14*L80$$

(en este caso, en L24 la aplicación de esta fórmula da como resultado 0)

Copiar la formula y completar la tabla 9 para el cálculo del índice multicriterio o de preferencia global.

2. Chequee los resultados.
-

Paso 5. Calcular las fortalezas y debilidades de cada alternativa.

Ordenamiento parcial: PROMETHE I

$$\varphi^+(a_i) = \frac{1}{n-1} \sum_{l \neq k} \pi(a_l, a_k), \quad \varphi^-(a_i) = \frac{1}{n-1} \sum_{l \neq k} \pi(a_l, a_k)$$

donde, $\varphi^+(a_i)$ representa la fortaleza, establece en qué medida la alternativa (a_i) es preferida de acuerdo a la comparación de a pares con las otras alternativas en todos los criterios. i.e. cuanto más grande es el valor $\varphi^+(a_i)$ mejor se considera la misma.

En contraste, $\varphi^-(a_i)$ representa la debilidad, establece en qué medida la alternativa (a_i) no es preferida de acuerdo a la comparación de a pares con las otras alternativas en todos los criterios. i.e. cuanto más grande es el valor $\varphi^-(a_i)$ peor se considera la misma.

En el archivo: *eje AMC PROMETHEE.xls*, realice el cálculo de fortalezas (Q91:Q95) y debilidades (L96, M96...P96) en Tabla 9:

1. Para estimar las fortalezas de PEU_i , se suma el *índice de preferencia global* a través de la fila correspondiente y se la divide por el número de alternativas menos 1 (n-1). En la columna de la Tabla 9 debajo de la celda etiquetada *Fortaleza* para PEU1 se suma en la celda Q91, los valores de las celdas L91:P91, y luego se divide dicho monto por 4. Para el resto de las PEU se realiza el mismo procedimiento para calcular las respectivas fortalezas.
 2. Para estimar las debilidades de PEU_i , se suma el *índice de preferencia global* a través de la columna correspondiente y se la divide por el número de alternativas menos 1 (n-
-

1). En la fila de la Tabla 9 a la derecha de la celda etiquetada *Debilidades* se deben sumar en la celda L96, los valores de las celdas L91:L95, y luego se divide dicho monto por 4. Para el resto de las PEU se realiza el mismo procedimiento para calcular las respectivas debilidades.

Paso 6. Calcular el flujo neto

Ordenamiento completo: PROMETHEE II

$$\varphi(a_i) = \varphi^+(a_i) - \varphi^-(a_i)$$

Donde $\varphi(a_i)$ es el flujo neto, la diferencia entre fortalezas y debilidades de cada alternativa. El mismo puede tomar valores positivos o negativos. Cuanto más grande sea el valor de $\varphi(a_i)$ mejor será considerada la alternativa.

En el archivo *eje AMC PROMETHEE.xls*,

1. Calcule el flujo neto en la Tabla 10, (celda K3). Por las fórmulas contenidas en dicha tabla se copian los resultados obtenidos de fortalezas y debilidades para cada una de las PEU en la tabla 9.

Nota: se sugiere expresar a las debilidades en términos negativos (multiplicando por -1) para visualizar más apropiadamente en un gráfico.

En la columna neto se realiza la correspondiente diferencia entre Fortalezas y Debilidades en cada uno de los PEU.

2. Se pueden observar en la pestaña *Resultados Gráficos* los resultados de la Tabla 10.
-

Interpretación de los resultados

Tres posibilidades existen para una alternativa (a_i) comparada con las otras alternativas:

En general, (a_l) es *preferida* a (a_k) si:

$$\varphi^+(a_l) > \varphi^+(a_k) \text{ y } \varphi^-(a_l) < \varphi^-(a_k), \text{ o}$$

$$\varphi^+(a_l) = \varphi^+(a_k) \text{ y } \varphi^-(a_l) < \varphi^-(a_k), \text{ o}$$

$$\varphi^+(a_l) > \varphi^+(a_k) \text{ y } \varphi^-(a_l) = \varphi^-(a_k)$$

En tanto, (a_l) es *indiferente* a (a_k) si:

$$\varphi^+(a_l) = \varphi^+(a_k) \text{ y } \varphi^-(a_l) = \varphi^-(a_k)$$

En tanto, (a_l) es *incomparable* a (a_k) si:

$\varphi^+(a_l) > \varphi^+(a_k)$ y $\varphi^-(a_l) > \varphi^-(a_k)$, o

$\varphi^+(a_l) < \varphi^+(a_k)$ y $\varphi^-(a_l) < \varphi^-(a_k)$

Finalmente, el *ranking* total puede ser construido ordenando de mayor a menor las a_i , reflejando el orden de las alternativas preferidas (sin son comparables).

En el archivo: *eje AMC PROMETHEE.xls*, Tabla 11, celda R3:

1. Ordene las alternativas de acuerdo a las Fortalezas.

Para la alternativa *PEUI* Tendencial en la celda T5 utilice la función JERARQUIA:

=JERARQUIA(\$M5;\$M\$5:\$M\$9;)

Copie la fórmula para T6:T9

2. Ordene las alternativas de acuerdo a las Debilidades.

Para la alternativa *PEUI* Tendencial en la celda U5 utilice la función JERARQUIA:

=JERARQUIA (\$N5;\$N\$5:\$N\$9;)

Copie la fórmula para U6:U9

3. Ordene las alternativas de acuerdo al Flujo neto.

Para la alternativa *PEUI* Tendencial en la celda S5 utilice la función JERARQUIA:

=JERARQUIA(\$L5;\$L\$5:\$L\$9;)

Copie la fórmula para S6:S9

Posteriormente se realiza el análisis y la interpretación de los resultados.

Ejercicios de análisis de sensibilidad

El análisis de sensibilidad de los parámetros utilizados permite explorar las características de los resultados y bajo qué modificaciones de los valores de los criterios, ponderadores, o umbrales de indiferencia o preferencia absoluta, una PEU_i puede superar a las otras, o cuan estables son los resultados obtenidos originalmente. Cuando modificamos algunos parámetros podemos utilizar directamente la tabla de sensibilidad de Excel. En tanto, si se modifican varios criterios o parámetros conviene hablar de cambio de escenario y posiblemente trabajarlo en diferentes hojas de Excel.

En el archivo: *eje AMC PROMETHEE.xls*, en el caso de desear hacer análisis de sensibilidad sobre los umbrales de indiferencia y preferencia absoluta (por defecto en la planilla se trabaja con valores del 10% y 90% respectivamente), se puede modificar dichos valores a 20% y 80%,

30% y 70%, etc. Para ello simplemente modificar el valor de la celda A16, correspondiente al umbral de indiferencia, y automáticamente se modifica el umbral de preferencia absoluta, y se resuelve el problema completo de acuerdo a estos nuevos valores.

Resolución con software Visual PROMETHEE

Existen una versión libre del software con el algoritmo PROMETHEE y otros complementos para comparar las alternativas en problemas multicriterio discreto (para mayores detalles ver en: Bertrand, 2013). Los interesados pueden bajar el software y usarlo considerando los siguientes pasos:

- Ingresar a <http://www.promethee-gaia.net/software.html>
- Descargar la versión académica/versiones locales/lenguaje español
- Instalar *Visual PROMETHEE*
- Abrir el software
- Crear nuevo problema: [*Archivo/Nuevo*]
- Cargar número de alternativas (5), de criterios (7) y de escenarios (1)
- Guardar Archivo en formato *Visual PROMETHEE* [*Archivo/Guardar*]
- Armar Grupos [*Modelo/Grupos de Criterios*]. Luego etiquetar grupos *Nuevo/nombre* y nombre corto y color de contorno.
- Repetir procedimiento para cada grupo de criterio que se quiera crear.

Nota: Aquí se suelen considerar como grupos de criterios: Sociales, Ambientales, Económicos, Políticos, etc.

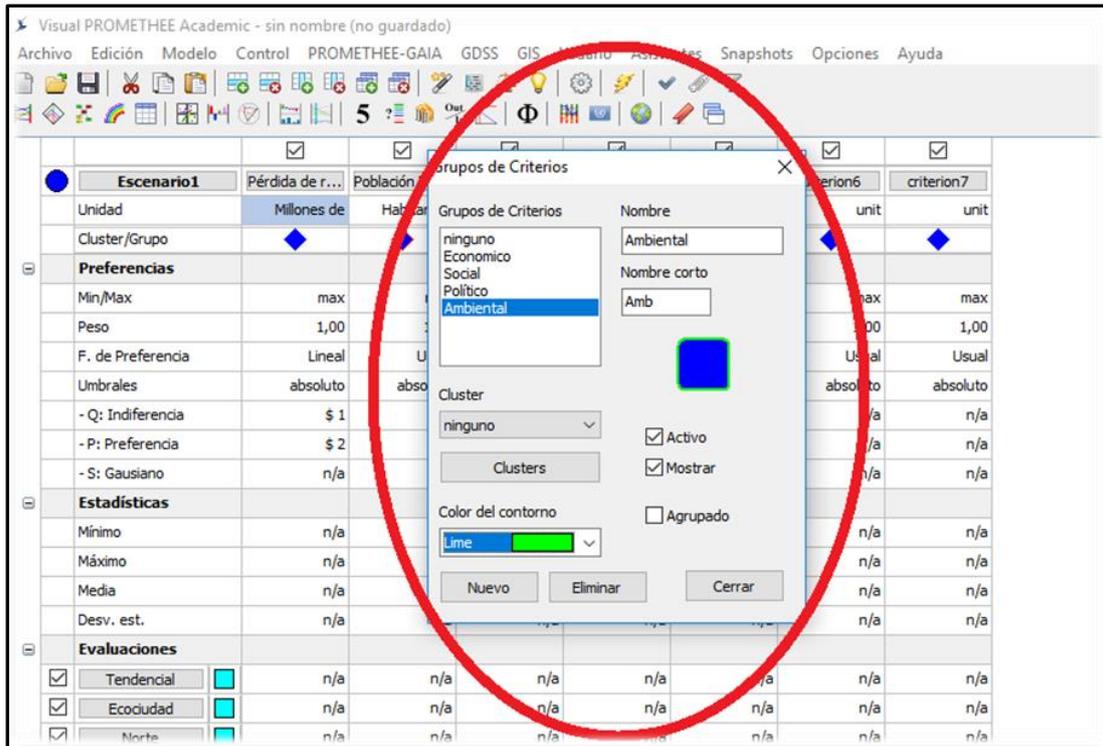


Figura 3.2. Visual PROMETHEE: Creación de grupos de criterios

9. Etiquetar alternativas [Debajo de *Evaluaciones*, Oprimir *Action 1*], Etiquetar Nombre y Nombre Corto. Y así sucesivamente con el resto de las alternativas/acciones.

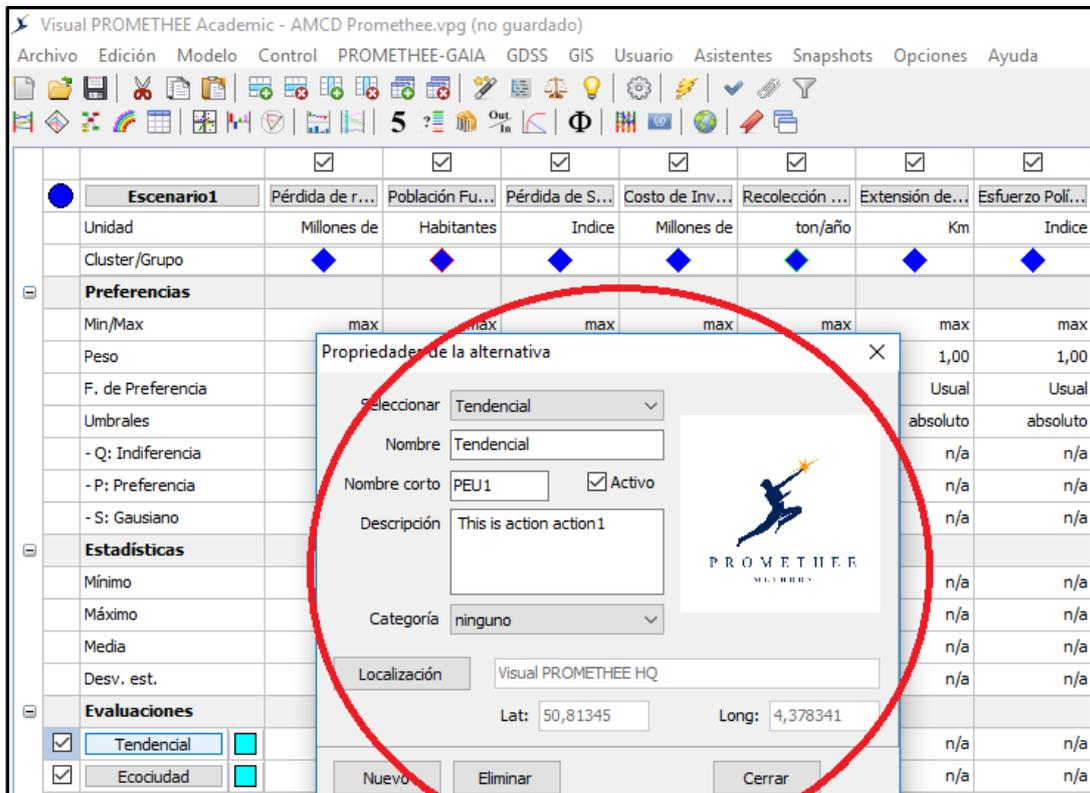


Figura 3.3. Visual PROMETHEE: Etiquetar alternativas

10. Etiquetar criterios y seleccionarlo según tipo de indicador: cuantitativo o cualitativo [A la derecha de *Escenario 1*, Oprimir *Criterion 1*] Etiquetar Nombre, Nombre corto, Indicar grupo de criterio, Escala (Cualitativa, Numérica, Moneda). Si es cuantitativo, indicar número de decimales, si es Moneda, el tipo de moneda.

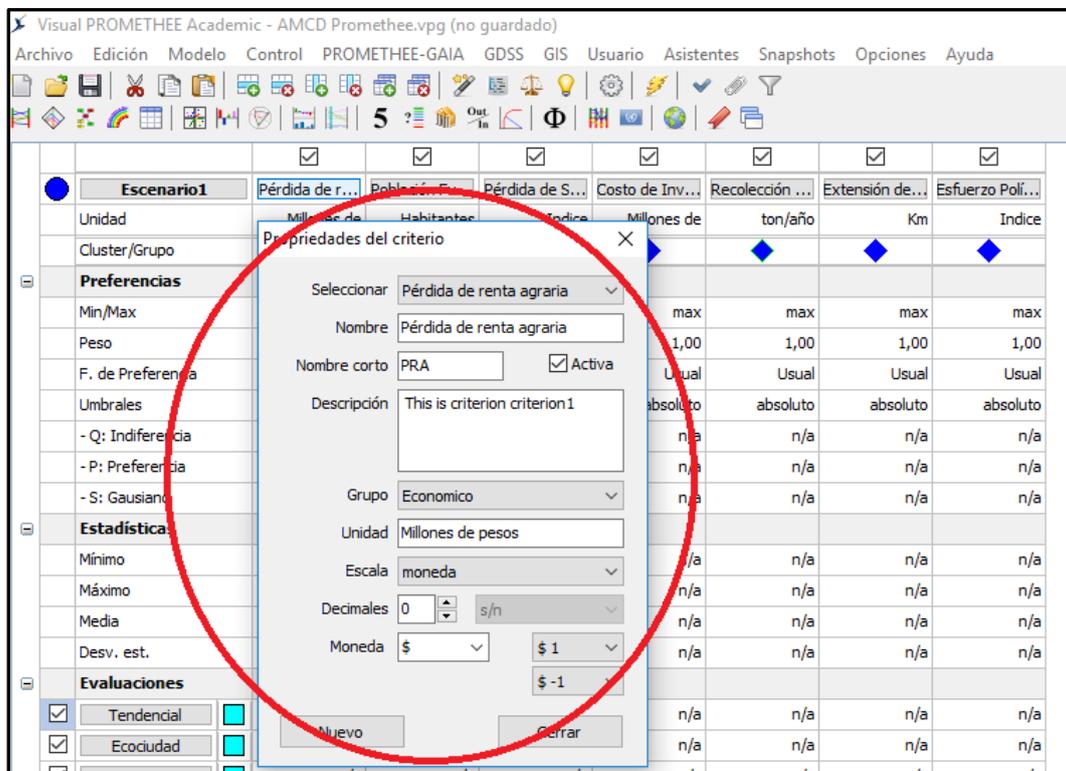


Figura 3.4. Visual PROMETHEE: Etiquetar criterios

11. Cargar datos de la matriz. Copiar valores de la planilla de Excel [Los datos deben cargarse manualmente, tanto los de la matriz de decisión, como los de los umbrales de indiferencia (q), los umbrales de preferencia absoluta (p) y los umbrales de S de la Forma Gaussiana cuando corresponda]

12. Asignar Preferencias (a excepción del criterio PFE, colocar Minimizar en todos los criterios).

13. Asignar Función de Preferencias (para criterios cualitativos seleccionar Función *Usual* y criterios cuantitativos seleccionar Función *Lineal*)

14. Asignar Umbral, por defecto *Absoluto*

15. Cargar umbral de indiferencia (q) y de preferencia (p). Tomar valores de planilla de Excel

16. Chequear ordenamiento de alternativas con igual ponderación para todos los criterios. Para ver los resultados del *ranking* en un cuadro [*PROMETHEE-GAIA/Tabla de flujos PROMETHEE*]

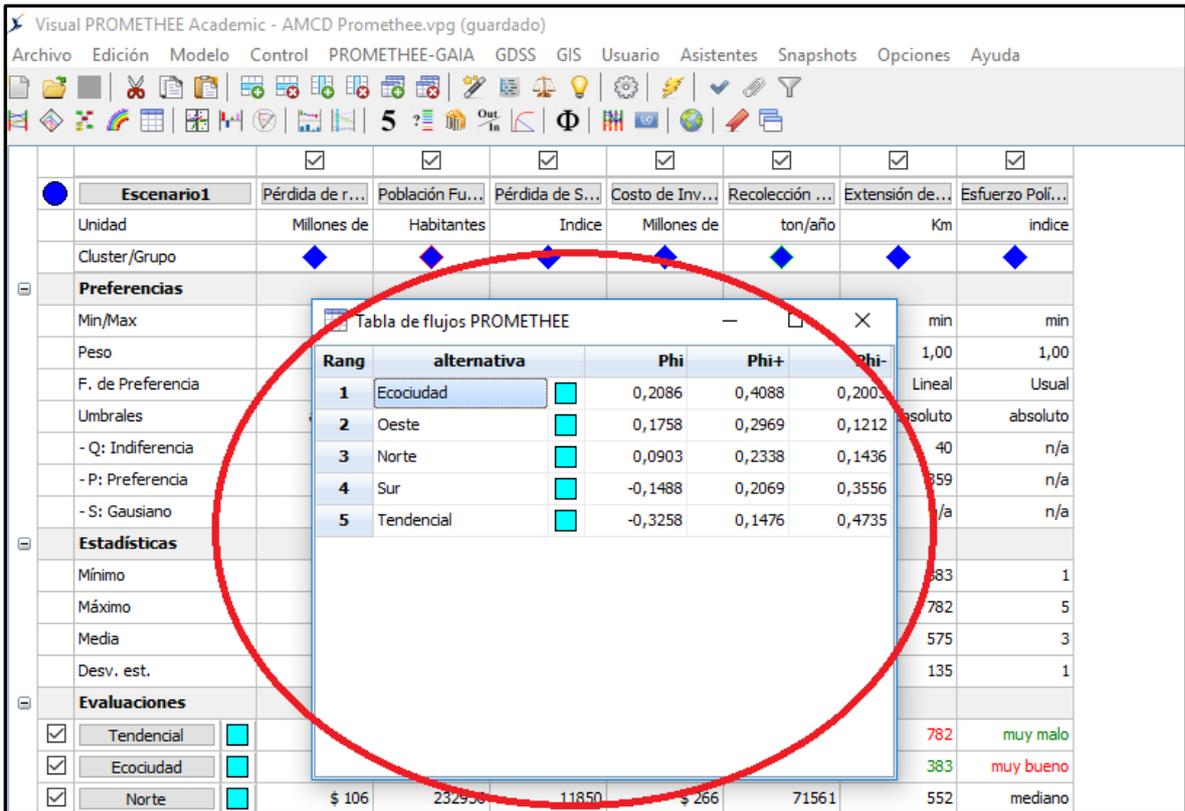


Figura 3.5. Visual PROMETHEE: Ordenamiento de alternativas (Tabla Flujos)

Para ver los mismos resultados de manera gráfica también, en términos de Fortalezas y Debilidades [*PROMETHEE-GAIA/Ordenamiento PROMETHEE*, pestaña *Ordenamiento parcial Promethee I*]

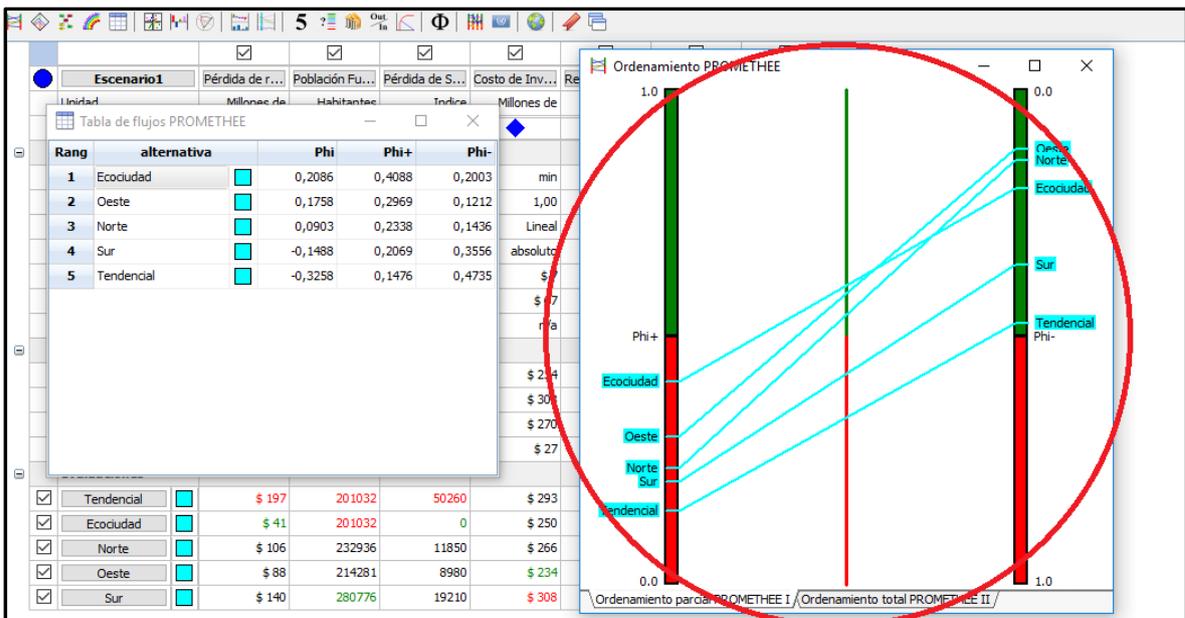


Figura 3.6. Visual PROMETHEE: Representación gráfica ordenamiento parcial de alternativas

Las líneas que unen las fortalezas y debilidades para cada una de las alternativas analizadas nos dan una pauta para la interpretación de los resultados. La alternativa PEU2 Ecociudad muestra un mejor desempeño en cuanto a Fortalezas, no obstante, las alternativas PEU4 Oeste y PEU3 Norte presentan menores debilidades (las líneas entre estas tres alternativas se cruzan), por tanto, bajo estas condiciones estas tres alternativas no resultan comparables.

Otra forma de analizar los resultados en términos del ordenamiento parcial de manera gráfica

[*PROMETHEE-GAIA/PROMETHEE network*]

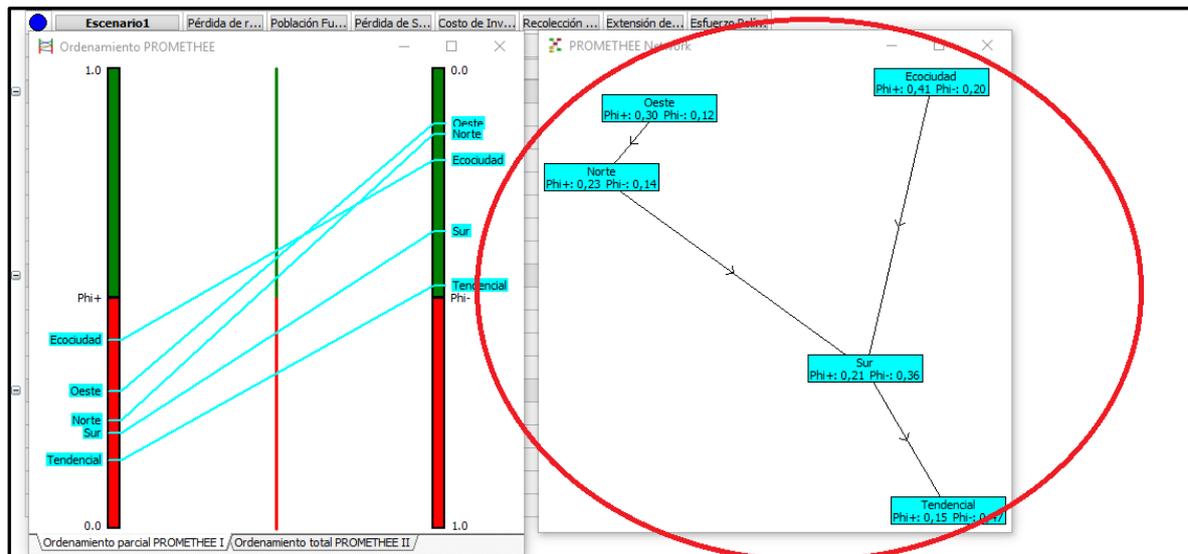


Figura 3.7. Visual PROMETHEE: Representación gráfica ordenamiento de alternativas (PROMETHEE network)

Mediante esta opción de representación gráfica de los resultados, se puede advertir que aquellas alternativas ubicadas en la parte superior unidas mediante flechas a otras alternativas en la parte inferior, son preferidas de manera completa a estas últimas. Como se advierte en la figura 3.7 la *PEU2 Ecociudad* es preferida a *PEU5 Sur*, pero no se puede afirmar lo mismo con relación a *PEU3 Oeste* y *PEU4 Norte*. De estas dos, *PEU4 Oeste* es preferida a *PEU3 Norte*, y ambas son preferidas a *PEU5 Sur*. Por último, *PEU2 Ecociudad*, *PEU3 Norte*, *PEU4 Oeste* y *PEU5 Sur* son preferidas a *PEU1 Tendencial*.

Para observar los resultados de manera gráfica, en términos de Flujo Neto [*PROMETHEE-GAIA/Ordenamiento PROMETHEE*, pestaña Ordenamiento total Promethee II]

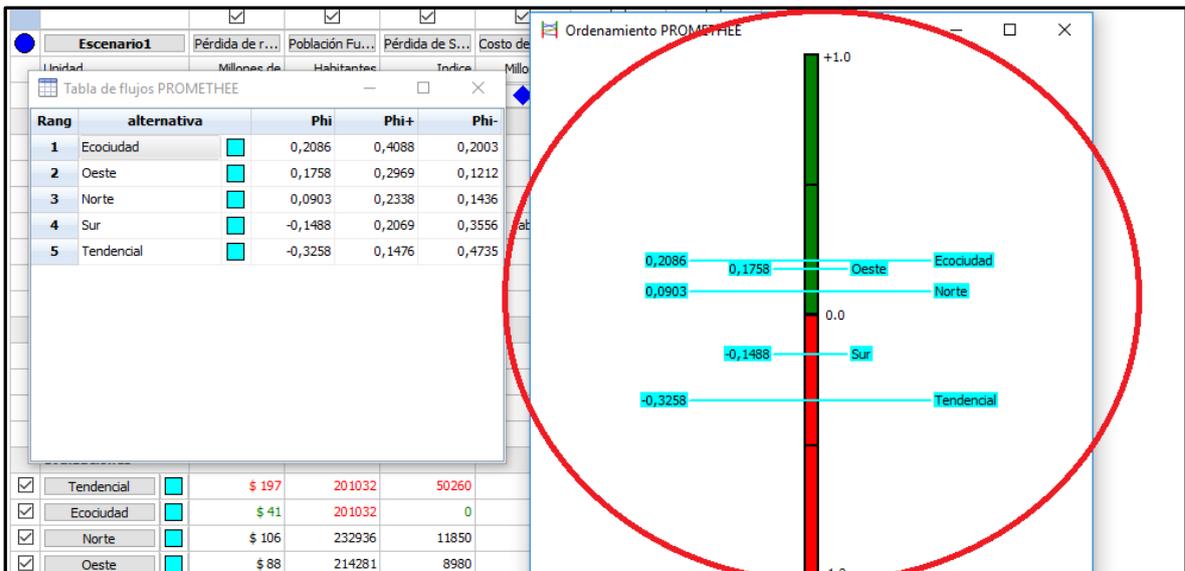


Figura 3.8. Visual PROMETHEE: Representación gráfica ordenamiento completo de alternativas

17. Analizar ordenamientos de alternativas con diferentes ponderaciones [*PROMETHEE-GAIA/Walking Weights*]



Figura 3.9. Visual PROMETHEE: Análisis de ordenamiento de alternativas con distintas ponderaciones

En este caso, se selecciona el criterio cuya ponderación se quiere modificar y se observa como esto repercute en la ponderación relativa del resto de los indicadores, y en el resultado de Flujo Neto (parte superior del gráfico) de cada una de las alternativas. Para fijar la ponderación de algún criterio, debe presionarse el botón con el “candado”.

Otra forma de realizar sensibilidad sobre la ponderación de manera jerárquica (considerando los grupos de criterios definidos) o absoluta (analizando cada criterio por separado) [Asistente/Ponderar por jerarquía],

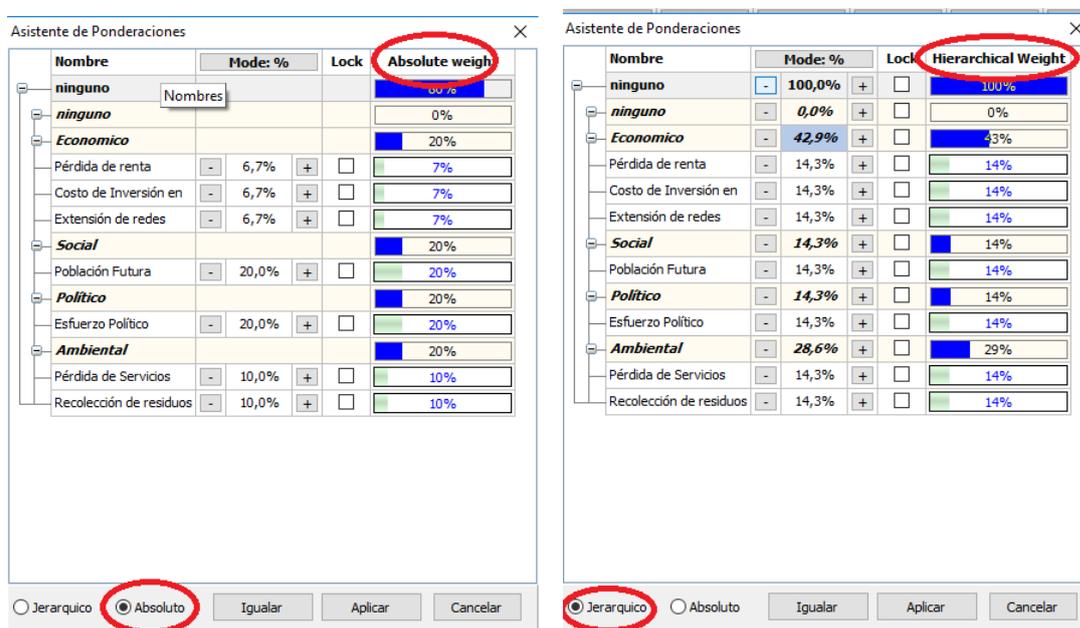


Figura 3.10. Visual PROMETHEE: Sensibilidad ponderaciones jerárquicas y absolutas

En esta última sección, hemos presentado las principales funciones para operar el software Visual PROMETHEE en lo que refiere a la presentación de resultados y la modificación de ponderaciones. Para profundizar en las aplicaciones del software se recomienda la lectura del manual del software: <http://en.promethee-gaia.net/assets/vpmanual.pdf>

Materiales adicionales

Los interesados y potenciales usuarios del libro pueden acceder a las versiones digitales de presentaciones, ejercicios, videos que se pueden acceder y descargar desde el repositorio Institucional de INTA (<https://repositorio.inta.gob.ar/handle/20.500.12123/13610>) usados en la capacitación o para el relevamiento de datos en terrenos. Estos materiales digitales complementarios pueden ser de utilidad para:

- replicar los resultados de las aplicaciones, y aprender,
- armar los encuentros/talleres – virtuales y presenciales,
- trabajar la capacidad de observación,
- trabajar el pensamiento paralelo (de Bono, 1988),
- aprender a aplicar paso a paso el algoritmo PROMETHEE,
- armar los cuestionarios para evaluar los resultados del taller,
- identificar los criterios,

En general, los materiales se pueden usar como punto de partida para que luego el lector los adapte a sus necesidades.

Referencias bibliográficas

- Behzadian, M., Kazemzadeh, R.B., Albadvi, A., y Aghdasi, M. (2010). "PROMETHEE: A comprehensive literature review on methodologies and applications". *European Journal of Operational Research* 200:198-215.
- Bertrand, M. (2013). "Visual PROMETHEE 1.4 Manual and help file "
- Brans, J.-P., y Mareschal, B. (2005). "Promethee methods", p. 163-195, *In* Figueira, J., *et al.*, eds. Multiple criteria decision analysis: *State of the art surveys*, Vol. 78. Kluwer Academic Publishers.
- CPC. 2001. Constitución de la provincia de Córdoba (1987) y su reforma *In* Córdoba, L. d. l. p. d., (ed.), Córdoba, Argentina.
- Brans, J. P., & De Smet, Y. (2016). PROMETHEE methods. Multiple criteria decision analysis: state of the art surveys, 187-219.
- de Prada, J.D., Degioanni, A., Cisneros, J.M., Galfioni, M.A., y Cantero G., A. (2012). "Diseño y evaluación de propuestas de ordenamiento de territorio: La urbanización sobre tierras rurales". AAEA. XLIII Reunión Anual Asociación Argentina de Economía Agraria, Corrientes, Argentina. 9 - 11 de octubre.
- de Prada, J. D., Degioanni, A., Cisneros, J. M., Galfioni, M. A., y Cantero G., A. (2017). Evaluación multicriterio de la expansión urbana, visión 2030. El caso Río Cuarto, Córdoba, Argentina. . *Revista Iberoamericana de Economía Ecológica*, 17, 153-168.
- Delgadino, F., Rodríguez, J.M., Albrisi, S., Mosquera, M., Rubinstein, H., Moiso, E., Arranz, P., Brarda, J.P., y Speranza, P. (2011). "Proyecto Córdoba 2025. Resumen Ejecutivo". Universidad Nacional de Córdoba y Cámara Argentina de la Construcción Córdoba, Argentina.
- EEA. (2006). "Urban sprawl in Europe. The ignored challenge". *European Environment Agency*, 1050 Copenhagen K.
- Gómez Orea, D. (2008). "Ordenación Territorial". 2ª ed. pág. Mundi-Prensa S.A., Madrid, España.
- Matus, C. (2008). "El líder sin estado mayor." 197 pág. Universidad Nacional de la Matanza, Buenos Aires, Argentina.
- McElfish, J.M. (2007). "Ten things wrong with sprawl". Environmental Law Institute, Washington, D.C.
- Morello, J., Buzai, G.D., Baxendale, C.A., Rodríguez, A.F., Matteucci, S.D., Godagnone, R.E., y Casas, R. (2009). "Urbanization and the consumption of fertile land and other ecological changes: the case of Buenos Aires". *Environment & Urbanization* 12:119-131.
- Pereyra, C., de Prada, J.D., Cisneros, J.M., y Giayetto, O. (2013). "Ordenación territorial en el medio rural", p. 9-29, *In* Giayetto, O., *et al.*, eds. Bases para el ordenamiento del territorio en el medio rural: Tres cuencas pilotos. Región Centro Argentina. Universidad Nacional de Río Cuarto, Universidad Nacional de Entre Ríos, Universidad Nacional del Litoral y Universidad Nacional de Rosario., Río Cuarto, Córdoba, Argentina.
- Pomerol, J. C., y Barba-Romero, S. (2000). Weighting methods and associated problems. En *Multicriterion decision in management. Principles and Practice* (pp. 75-104): Springer Science + Business Media, LLC.

SECCIÓN II

**DECISIONES DE ORDENAMIENTO
EN EL MEDIO RURAL**

CAPÍTULO 4

Evaluación de alternativas agro-productivas en la Colonia Fiscal Sarmiento de la provincia de San Juan, visión 2040

Andrieu, J.¹⁷; Lemole, G.¹⁸; Goti, A.¹⁹

Resumen

La producción agropecuaria se enfrenta a lo largo de todo el mundo ante el desafío de superar la mayor presión por los usos competitivos sobre los bienes comunes naturales, en particular agua, tierra y los asociados a estos. Se reconoce aquí la potencialidad del Análisis Multicriterio Discreto (AMD) como herramienta para aportar al Ordenamiento Territorial y con ello abordar las tensiones presentes sobre el uso de los comunes en vistas a la gestión colectiva de los mismos.

El objetivo en este capítulo consiste en estudiar la proyección de la producción agropecuaria mediante AMD; eligiendo como estudio de caso la zona de regadío de la Colonia Fiscal Sarmiento, emplazada al sur de la provincia de San Juan, Argentina. Se advierte para dicha zona, un deterioro general del sistema de irrigación, baja productividad de los cultivos implantados (vid en su mayoría), pequeña escala de producción familiar y población

17 Docente e Investigadora INTA EEA San Juan-UNSJ. Contacto: andrieu.jimena@inta.gob.ar

18 Jefa de Agencia Extensión INTA AER Iglesia y Docente UNSJ. Contacto: lemole.georgina@inta.gob.ar

19 Becaria INTA-CONICET-UNSJ. Contacto: goti.ayelen@inta.gob.ar

envejecida. Por tanto, la selección del área de estudio se justifica en la medida que se advierte una profundización de los conflictos característicos de la red de irrigación del valle del Tulum.

De este modo se toma como base un análisis comparativo de distintas alternativas productivas que tomen en cuenta criterios relativos a aspectos socio-económicos, ambientales y políticos con una prospectiva a 20 años. Se plantea para esta primera aproximación al abordaje del problema, la definición de cuatro alternativas: A_I_Tendencial, A_II_Estabilización de la producción actual vitícola, A_III_Intensificación de la producción vitícola y A_IV_Crecimiento con producción diversificada. Estas alternativas serán puestas en valor a partir de ejercicios de simulación de agentes de tipo definido mediante el método PROMETHEE.

El ordenamiento de las alternativas se trabaja aquí a partir de la simulación de perfiles teóricos diferenciados. El ordenamiento de las preferencias por tipo de perfil arrojó una inclinación por la propuesta de crecimiento con producción diversificada. En este sentido, se advierte que la estrategia analítica tiene la fortaleza de habilitar la disidencia, pero también de generar marcos que permitan acuerdos. Con esto, no solo se reconocen las múltiples dimensiones del problema analizado, sino que también se trabaja a partir de la heterogeneidad y las diferencias de intereses existentes entre actores en el territorio. Atendiendo a las particularidades del caso y del método, sin pretensión de universalidad, se considera al análisis AMD como un instrumento estratégico, principalmente para los tomadores de decisión en ámbitos del gobierno público local.

Introducción

En la provincia de San Juan, al igual que en otras regiones del país y del mundo, es posible identificar tensiones y conflictos en sus territorios por el acceso y uso a ciertos bienes comunes naturales entre distintas actividades y sujetos; involucrando con ello distintas perspectivas y escalas de análisis (Smits *et al*, 2010; Rojas y Wagner, 2016; Scherbosky, 2016; Astelarra *et al*, 2017; Merlinsky, 2017; Tapia *et al*, 2018; Andrieu y Rodriguez-Savall, 2019; Godfrid y Damonte, 2020).

Para este capítulo, entendemos que el estudio de la producción agropecuaria en una zona árida implica no sólo un entendimiento de las condiciones biofísicas de producción sino también de las características de la sociedad y las reglas bajo las cuales se estructura el acceso y la distribución de bienes esenciales como lo son, la tierra y el agua (Ostrom, 2010). A su vez, resulta fundamental reconocer tanto las tensiones, así como también las múltiples dimensiones que están involucradas en estos procesos; hallándose una revitalización de la discusión en torno a la participación estatal de la gestión de bienes comunes (McDonald y Swyngedouw, 2019; Servat y Perdomo-Sánchez, 2020; Adeyeye, *et al*, 2020).

En este contexto, se presenta un estudio de caso que permite reflexionar sobre la metodología de Análisis Multicriterio Discreto (AMD) como instrumento que aporte a la planificación y la gestión del territorio (Tello *et al*, 2017; Tello *et al*, 2021); atento a las particularidades que asuma la organización e implementación del método (Saarikoski *et al*, 2016).

Justamente, se advierte la importancia de identificar las relaciones de poder que median la construcción de las alternativas y de las instancias de participación para la valoración de los mismos. Por ello, se considera necesario tener una actitud reflexiva en estos procesos que

permita estar atento a la crítica que señala el sesgo tecnocrático de la planificación (Bernabeu *et al*, 2016). En el mismo sentido, se plantea también que las herramientas de planificación territorial tienden a un silenciamiento de las experiencias de quienes resultan perjudicados ante las diversas transformaciones del territorio (Swyngedouw, 2011). De este modo, sin pretensión de garantizar neutralidad en el planteo ni una superación de las tensiones metodológicas; se manifiesta la voluntad de explicitar el proceso de análisis de modo tal que su lectura permita advertir las miradas que prevalecieron y con ello, habilitar una reflexión crítica del caso presentado.

Dicho esto, el objetivo del capítulo se estructura en torno al análisis de la proyección de la producción agropecuaria en el árido de San Juan mediante AMD para la zona de regadío Colonia Fiscal Sarmiento. Así, se introduce brevemente la descripción de la zona bajo estudio y el marco general donde la propuesta de ordenamiento tiene lugar.

Se advierte para la Colonia Norte una relación deficitaria entre superficie cultivada y superficie con derecho de riego; situación que tiende al abandono de tierras y al deterioro del sistema de irrigación que habilita el uso agrícola de las mismas. En la actualidad, se destaca para dicha área una baja productividad de los cultivos implantados (vid en su mayoría) y, entre otras características, el predominio de una organización familiar de la producción con una población envejecida (Andrieu, *et al* 2017). En este proceso la problemática del agua se reconoce como un elemento de crisis estructural.

Así, como primera aproximación al problema se construyen y se comparan cuatro alternativas. Las mismas contrastarán a partir de suponer que, acciones específicas para mejorar la entrega y distribución del agua, así como su uso al interior de las unidades productivas, modificarán las posibilidades de producción de cada alternativa. Por ello la primera alternativa a considerar implica una situación de prognosis, la segunda posibilidad de estabilizar la producción allí presente. A su vez, se supone una tercera alternativa que habilita una intensificación productiva basada en la matriz agrícola existente y una cuarta y última alternativa que supone una producción más diversa para una misma área que la propuesta en la tercera alternativa.

Se insiste en reconocer que, para el análisis propuesto, los cambios en las posibilidades técnicas de producción para cada alternativa se asumen como posibles en respuesta a la transformación del esquema de gestión del agua existente. Es decir, en la alternativa tendencial, no se supone ninguna mejora en estos términos; por lo cual la tendencia es sostener la situación actual de deterioro continuo en la base productiva. Para la segunda alternativa, se supone la construcción de un reservorio que permita manejar a nivel de distrito de riego una regulación de los desfases del recurso hídrico de la red mediante el bombeo de agua subterránea de los pozos comunitarios. A esta inversión, se adiciona una segunda supuesta obra hidráulica que apunte a mejorar la distribución interna del sistema del agua que incremente la eficiencia del uso del recurso hídrico (y con ello el número de hectáreas regadas). Si bien, en términos de infraestructura, se considera una equivalencia de situación para la tercera y cuarta alternativa, la diferencia principal radicará en la orientación productiva de las tierras en uno y otro caso. Así para la tercera alternativa se re-especializará la producción bajo un esquema productivo que haga base en las capacidades técnicas ya instaladas, a saber, la viticultura. En cambio, para el cuarto caso se plantea una estructura productiva diversificada. Esto último no implica negar la tradición vitícola, sino que se refuerce la presencia de otros cultivos ya instalados, aunque de manera marginal dentro del área de estudio; suponiendo aquí como limitación el acceso al agua. La diferencia implicará para la

cuarta alternativa, entre otras cosas, un mayor esfuerzo de gestión que permita flexibilizar las entregas en función de las heterogeneidades presentes por escala de producción y tipo de cultivo. Por último, se aclara aquí, que no se ponen en discusión aquellos elementos que hacen repensar las tensiones en torno a desigualdades dentro de la red general de irrigación, así como también las que tienen lugar al plantearse los límites de las tierras irrigadas de las que no lo están.

Si bien, en el próximo apartado se presentará con mayor detalle las características de cada alternativa, se considera fundamental la presentación anterior; ya que subyace allí el supuesto estructural del análisis aquí propuesto.

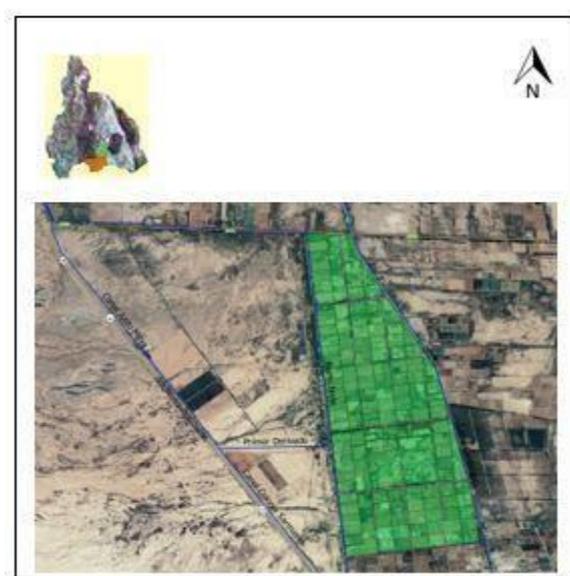
Materiales y métodos

Área de estudio

La historia de la Colonia Fiscal Sarmiento se estructura, a principios del siglo pasado, mediante un proyecto político que buscaba fortalecer el desarrollo agrícola en el Departamento Sarmiento de la provincia de San Juan . Como resultado de dicho proceso, se observa la constitución de un área productiva a partir de la distribución de 1.860 hectáreas en parcelas de 5 hectáreas.

Cuando se reconoce que es necesario el riego para que sea factible la agricultura con cultivos industriales en una zona árida, resulta inevitable advertir lo importante del proceso de dotación de agua a dichas tierras. En este caso, los derechos de riego se concedieron a partir del Canal Céspedes en general y del Canal Justo Moya en particular. A su vez, se señala que la Colonia, a pesar de estar emplazada en materia geopolítica dentro del departamento de Sarmiento, en materia de riego depende del departamento Pocito. Situación que, desde lo técnico, se explica a partir de reconocer que el canal con el que se irrigan las tierras de la Colonia es un derivador del canal que riega, en primera instancia, las tierras de la Junta Departamental Pocito. Este hecho, implicará desde lo práctico, algunas dificultades para la gestión del agua; problemas que en el próximo apartado se presentarán con más detalle.

Figura 4.1. Localización del área de estudio



Fuente: Montenegro (2016)

Problemática de acceso y uso del agua en la zona

Para la zona de estudio, se advierte que existe una dificultad para garantizar el acceso y uso del agua. Principalmente, la dificultad se asocia no solo al deterioro general del sistema de irrigación sino también a una disponibilidad limitada de agua subterránea. Sobre esta última restricción operan, al menos, dos factores. Es decir, por un lado, se reconocen limitaciones de índole biofísicas que imposibilitan la captación directa donde las unidades productivas se encuentran emplazadas. Por otro lado, se identifican alternativas de gestión conjunta de pozos disponibles en las intermediaciones de la zona, cuya esquematización para el uso tiene una operatividad que no resulta equitativa. A lo anterior se le suman dificultades propias de la gestión del agua que escurre mediante la red de irrigación en el área de estudio (Andrieu y Rodríguez-Savall, 2019).

Algunas problemáticas se hallan presentes desde la consolidación del distrito de riego de la colonia. El mantenimiento de la red de irrigación se dificulta en ciertos momentos al mantener como distrito una doble dependencia jurídica (Sarmiento, en lo político y Pocito, en materia de agua). La superposición de jurisdicciones que atraviesa a la Colonia en su conjunto se reconoce como un evento único en toda la provincia. A modo de ejemplo se pueden citar las dificultades por fluctuaciones en los caudales entregados y por deficiencia en el monitoreo del sistema (lejanía, falta de personal de hidráulica en el lugar, etc.). Esto se materializa también en la falta de revestimiento de los canales de la zona con la consecuente pérdida de eficiencia de conducción que disminuye aún más los caudales que efectivamente ingresan al sistema local de la Colonia.

Otras problemáticas dan cuenta de un proceso más generalizado respecto de la baja implementación de técnicas de sistematización de riego con menores niveles de pérdida. Justamente, se identifica un uso del agua también deficiente; siendo el riego gravitacional tradicional la técnica predominante al interior de dicho espacio productivo. Esto persiste incluso con el uso del agua bombeada de los pozos comunitarios (Gonzalez-Aubone *et al*, 2020).

A lo anterior se le añade la identificación de otras aristas del conflicto; vinculadas ahora con las estrategias internas para el uso del agua. Es decir, a la par que se identifican grandes desfasajes en la distribución espacio-temporal del agua; se observan dinámicas de relaciones sociales que profundizan las problemáticas (Gonzalez Aubone *et al*, 2015). Por ejemplo, se reconoce que dichos desfasajes responden a un intento de flexibilizar el sistema de suministro del agua, en dónde ocurren una serie de prácticas que tienen consecuencias directas sobre la determinación de ciertas formas de producción posible. Prácticas que involucran relaciones entre regantes tanto desde el plano individual como desde el plano colectivo; dentro y fuera de la Colonia. Por ejemplo, quien tiene el agua no la deriva al próximo usuario del sistema hasta que el primero no termina de regar. Esto implica un cambio en las reglas operativas por parte de los regantes que, sin embargo, termina siendo perjudicial en muchos casos por la extensión excesiva en los intervalos entre turno y turno de agua (Andrieu, *et al* 2017). Ante esta situación, la puesta en funcionamiento de pozos comuneros, se identifica como una oportunidad; siempre atentos a las dificultades mencionadas para generar un esquema de gestión equitativo sobre dicha fuente de agua.

En este contexto, debe ser entendido el predominio de un paquete tecnológico que no se ha modificado significativamente desde el inicio de la Colonia. Se considera aquí clave el rol de la gestión del agua para reforzar dicha estructura productiva. Justamente a través del trabajo

de campo se visualiza que el 86 % de las hectáreas cultivadas en la zona tiene vid, mayormente para vino; hallándose que los parrales tienen en promedio cuarenta años de antigüedad. Las escalas promedio de la producción para casi la mitad de los productores allí presentes no superan las 5 hectáreas y en su mayoría son regadas a manto. A su vez, la producción se gestiona y se trabaja principalmente por los integrantes de la familia involucradas; donde a la par que la agricultura se reconoce como la actividad principal, se identifica también la presencia de empleo rural no agrícola para dichas personas (Andrieu y Savall, 2019).

Se insiste entonces que, las tensiones en torno al acceso y uso del agua, tienden a profundizarse y junto con ellas los problemas de organización de la producción que podrían ser vinculados a dichas tensiones. Esta situación justifica, al menos en parte, que el agua asuma un rol central en el esquema de análisis presentado. Por ello, se tomará como base un análisis comparativo de distintas alternativas productivas dentro de la Colonia Norte. Se evaluarán los mismos a partir de tomar en cuenta criterios socio-económicos, ambientales y políticos con una prospectiva a 20 años que se piensa distinta en cada caso por cambios en el acceso y uso al agua.

Asimismo, se considera que la implementación de la propuesta aquí presentada, implica la activa participación de la autoridad de aguas local, a saber, el Departamento de Hidráulica; con énfasis en el rol del Estado Provincial. Es importante reconocer sobre este punto que el gobierno de dicha institución resulta de una alianza público-privada, materializada dentro de su organigrama mediante la constitución de organismos descentralizados. Los mismos son conocidos como “Juntas de Regantes” y hacia su interior como “Comisiones de Regantes”. Sin embargo, dichos organismos descentralizados, presentan dificultades para operar en la práctica; situación que termina por reforzar un rol centralizador del estado para la gestión del agua para riego (Miranda, 2015). Este hecho no pretende invisibilizar prácticas de tipo acción colectiva para la gestión (incluso se han mencionado algunas aquí); sino más bien, tiene por intención situar la discusión aquí presente dentro del espacio público estatal de los tomadores de decisión local para abordar la problemática aquí planteada.

Alternativas

Para iniciar la construcción de la agenda de largo plazo se desarrollan cuatro alternativas de ordenamiento de territorio para la colonia Fiscal Sarmiento:

A_I: Tendencial. Mantener la misma política, en que la inseguridad con relación a la disponibilidad de agua de riego y los problemas productivos mencionados se consolidan como factores de expulsión de los actores allí presentes hacia otras zonas. Proceso que, a su vez, se acompaña por una dinámica paulatina de abandono de superficie agrícola ante la falta de soluciones a limitantes estructurales para la producción en la zona.

A_II: Estabilización de la producción vitícola. Acuerdo público-privado para mantener como prioridad la producción vitícola (sin usos residenciales o usos residenciales con localización pautada); y la construcción de un reservorio regulador que permita el uso conjunto de agua superficial y subterránea. Esto deriva, por aumento de la oferta de agua a través de bombeo y seguridad en los momentos de entrega, un incremento de la superficie en producción.

A_III: Intensificación de la producción vitivinícola. Acuerdo público-privado para mantener como prioridad la producción vitícola (sin uso residencial o uso residencial con localización pautada); la construcción de un reservorio regulador que permita el uso conjunto de agua superficial y subterránea; y la promoción de las inversiones en la finca para mejorar la eficiencia de riego y la producción de vid. Crecimiento de la producción vitícola: supone mínima intervención del Estado y un mayor esfuerzo privado para generar cambios en aprovechamiento privado del agua que permita garantizar una mayor eficiencia de uso y con ello habilitar una mayor producción. Se considera que este proceso supone una concentración de los medios de producción. Así, al incremento observado en la segunda alternativa, se aumenta aquí la superficie productiva ante la posibilidad de emplear el agua intra finca con un mayor nivel de eficiencia.

A_IV: Desarrollo de la agricultura diversificada. Acuerdo público-privado para darle prioridad a la producción agraria diversificada (sin uso residencial o uso residencial con localización pautada); desarrollo de la infraestructura que permita flexibilizar la entrega de agua para riego dentro del distrito y en las fincas y se promueve una fuerte inversión para la agricultura diversificada. Se considera un mayor esfuerzo para que dicha flexibilización del sistema de distribución de agua tenga lugar. Se supone que es a través de este proceso que se puede mejorar la resiliencia de la producción primaria en la zona frente a imprevistos. Asimismo, se considera la posibilidad de pensar en encadenamientos de trabajo rural que estabilicen la demanda de empleo rural agrícola a lo largo del año. Aquí, el esfuerzo implica no solo un trabajo individual de mejora de uso del agua, sino una estrategia a nivel colectivo. Por ello, no se supone un incremento en la superficie total (respecto de la alternativa III) sino un mayor esfuerzo institucional y social que permita lograr la infraestructura necesaria y enfrentar la flexibilización de la gestión para poder garantizar un esquema de demandas hídricas diferentes al interior de la zona.

Crterios

Sobre la construcción de los criterios se aclara que se emplearon indicadores cualitativos para varios casos de forma tal que la discusión se centre en el ejercicio de simulación aquí presentado. A su vez, es intención de las autoras señalar que es, a través de la definición de los criterios, uno de los momentos donde se puede captar las distintas perspectivas sobre un mismo problema. A esta instancia, le sigue una segunda, cuando se trabaja desde lo participativo con la ponderación de cada alternativa.

Se aclara también que, para la consolidación de los indicadores propuestos, se tuvieron de base los catálogos tecnológicos para los cultivos mencionados de la EEA INTA San Juan a valores corrientes de enero 2018. La metodología involucrada para el cálculo de los mismos es posible encontrarla en Miranda y Battistella (2003).

Para la construcción de los criterios se tomó como ejercicio teórico el siguiente cambio de patrón agrícola de producción en cada alternativa.

Tabla 4.1. Total de hectáreas cultivadas existentes y proyectadas para las alternativas de ordenamiento propuestas, para la Colonia Fiscal Sarmiento, San Juan.

Hectáreas de cada cultivo	A_I	A_II	A_III	A_IV
Superficie de vid instalada que no se modifica	240	180	50	40
Superficie de otros cultivos que entra en producción en cada una de las alternativas	60	260	500	510
Total hectáreas cultivadas	300	440	550	550

* A_I (Tendencial); A_II (Estabilización de la producción vitícola); A_III (Intensificación de la producción vitivinícola) y A_IV (Desarrollo de la agricultura diversificada).

Fuente: elaboración propia

Tabla 4.2. Cantidad de hectáreas por cultivo para las alternativas de ordenamiento propuestas, para la Colonia Fiscal Sarmiento, San Juan.

Superficie nueva (Ha)	A_I	A_II	A_III	A_IV
vid – sistema parral	20	100	300	130
vid – sistema nuevo	20	160	200	100
pistacho	-	-	-	80
tomate	-	-	-	100
Cebolla + melón	20	-	-	100

* A_I (Tendencial); A_II (Estabilización de la producción vitícola); A_III (Intensificación de la producción vitivinícola) y A_IV (Desarrollo de la agricultura diversificada).

Fuente: elaboración propia

Los cultivos propuestos para diversificar se seleccionaron en función de: la tradición de los productores del territorio en estudio, dinámica de la matriz productiva regional y las condiciones edafoclimáticas del departamento y requerimientos de los cultivos que permitirían su adaptación. Sin embargo, la propuesta presentada tiene por intención señalar la importancia del tratamiento del tema y no la provisión de una “receta para el diseño”. Reconocer la necesidad de pensar una diversificación que permita a la zona, entre otras, tener una mayor resiliencia frente a imprevistos es clave (Altieri, 2000; Tiftonell, 2019).

Económico

Gastos operativos privados. Es un indicador cualitativo que se estima en función de las diferencias observadas en los costos de implantación por hectárea en cada alternativa.

Para ello en función de los valores de implantación de cada cultivo, disponible según catálogos tecnológicos de la EEA INTA San Juan a valores 2018, se construyó un estimador cualitativo de dicho esfuerzo privado. Se supone que el esfuerzo por invertir en cultivos perennes es superior en la alternativa III, por tanto, queda con un valor superior respecto del resto de las alternativas. Se supone que la orientación de este objetivo tenderá a su minimización.

Beneficio directo por producción. Es un indicador cualitativo que se estima en función del margen bruto por hectárea que supone cada estado de cultivo. Nuevamente se trabaja con los rendimientos teóricos para cada alternativa en su conjunto. Dado que la comparación de los costos y los precios de referencia para cada alternativa son tomados a modo de ejercicio teórico (no introduciéndose un análisis temporal de la inversión más detallado), se decide nuevamente tomar de referencia estos valores para construir un indicador cualitativo. Se supone que la orientación de este objetivo tenderá a su maximización.

Políticos

Esfuerzo para gestión del agua. Es un indicador cualitativo que apunta a reconocer el esfuerzo público para acompañar las mejoras necesarias para la distribución del recurso hídrico en la región bajo estudio. Se reconoce en la alternativa IV el mayor valor por las implicancias no solo de obras hidráulicas sino de mejorar la gestión para alcanzar un sistema más flexible que esté orientado por las demandas. Se advierte también que, esta última propuesta, implica modificar un sistema que tradicionalmente ha sido funcional al desarrollo vitícola de la provincia (Gonzalez-Aubone *et al*, 2020). Se supone que la orientación de este objetivo tenderá a su minimización.

Ambientales

Eficiencia del manejo del agua al interior de las unidades productivas. Supone la consideración de un valor promedio de eficiencia en el uso del agua para las explotaciones agropecuarias en San Juan (González Aubone *et al*, 2015). A su vez, se considera una situación de empeoramiento para la alternativa Tendencial. Asimismo, se contempla para las alternativas III y IV la mejora en dicho indicador, a partir de cambios en el acceso y uso al recurso hídrico propuesto en cada alternativa. Se supone que la orientación de este objetivo tenderá a su maximización.

Diversidad de cultivos. Es un indicador cualitativo que apunta a reconocer el problema de una matriz hiper especializada y con ello abrir el debate hacia la búsqueda de una diversificación para disminuir la vulnerabilidad del agroecosistema (Pugliese y Studer, 2018; Pugliese *et al*, 2019; Tittonell, 2019). Esta situación se considera diferencial para la alternativa IV en la medida que se factibiliza la posibilidad de diversificar a partir de garantías de acceso y mejoras en uso del agua para riego en la zona. Se supone que la orientación de este objetivo tenderá a su maximización.

Sociales

Trabajo rural agrícola anual (TRA Anual). Se considera que en la medida que la matriz productiva es más diversa tiene un efecto positivo en la demanda de trabajo (OIT, 2018; Garibaldi y Perez-Mendez, 2019). Este indicador estima la necesidad de energía humana para el desarrollo de las labores agrícolas directas de manera anualizada a partir de los catálogos tecnológicos de los cultivos elaborados en la EEA INTA San Juan. Se supone que la orientación de este objetivo tenderá a su maximización.

Resistencia al cambio. Este indicador cualitativo reconoce el esfuerzo de pensar y accionar formas distintas de regar en busca de una transformación en los patrones de producción

existentes en la zona (Dumont *et al*, 2015; Andrieu y Rodriguez-Savall, 2019). Se supone que la orientación de este objetivo tenderá a su minimización.

Procedimiento de simulación

Una vez consensuados los criterios y las alternativas es necesario identificar las preferencias. Para ello se emplean diferentes funciones de preferencia dependiendo de las características de medición de cada criterio. Así, en los casos de criterios cuantitativos, se utilizan funciones de preferencia de tipo Lineal (suponiendo umbrales de indiferencia del 10% y de preferencia de un 90%) y para los criterios cualitativos se utilizan funciones de tipo Usual (Brans y De Smet, 2016).

A su vez, se aclara que se mantuvieron reuniones con referentes locales que permitieron revisar los criterios incorporados al análisis. Se trabajó específicamente con: i) Productores vitivinícolas de Colonia Fiscal; ii) Cooperativa Cerro de Valdivia; iii) Dirección Provincial de Hidráulica; iv) Municipio de Sarmiento e v) INTA.

La información que se empleó provino del i) relevamiento de la matriz productiva para la Colonia Norte, ii) datos de distribución del agua del Departamento de Hidráulica iii) entrevistas con los productores y opiniones de los dirigentes y iv) Catálogos tecnológicos de INTA.

No obstante, para la presentación en este capítulo se trabajará con una simulación a partir de cuatro perfiles teóricos: i) economicista; ii) ambiental; iii) social y iv) político. Cada perfil supone priorizar los criterios que por dimensión fueron identificados respecto de las otras dimensiones. En el apartado *preferencias según simulación perfiles de tomadores de decisión* se identificará con mayor detalle el perfil y la valorización de cada criterio.

Resultados y discusión

Matriz de decisión multicriterio

La siguiente matriz nos permite reconocer los valores que asume cada criterio en cada una de las alternativas consideradas. El color verde se emplea para identificar aquella alternativa en la que cada criterio se especifica en su mejor expresión y el amarillo su inversa (siempre atento al objetivo). La visualización por colores permite reconocer de manera rápida y visual que ninguna alternativa resulta siempre preferida o siempre descartada.

Tabla 4.3 Matriz de decisión para cada alternativa de ordenamiento propuestas según criterios seleccionados, para la Colonia Fiscal Sarmiento, San Juan

Alternativas	Criterios						
	Gastos operativos privados	Beneficio por ha productiva	Esfuerzo público-privado para gestión del agua	Eficiencia uso agua intra finca	Diversidad de cultivos	TRA Anual	Resistencia al cambio
	Índice	Índice	Índice	%	Índice	Jornales /año	Índice
A_I: Tendencial	1	1	1	40	2	9040	1
A_II: Estabilización vitícola	2	3	2	60	1	10760	2
A_III: Intensificación vitícola	5	4	1	75	1	14500	2
A_IV: Agricultura diversificada	4	10	5	75	4	20300	4
OBJETIVO	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Máx.	Máx.	Min.
Preferencia	Usual	Usual	Usual	V lineal	Usual	V lineal	Usual
w	1	1	1	1	1	1	1
w normalizado	14%	14%	14%	14%	14%	14%	14%
Rango	4	9	4	35	3	11260	3
qj	NC	NC	NC	3,5	NC	1126	NC
pj	NC	NC	NC	31,5	NC	10134	NC

Fuente: Elaboración propia.

De este modo, mediante esta matriz de decisión es factible analizar las fortalezas y las debilidades que presenta cada alternativa en función de la dirección de los objetivos propuestos para cada criterio. La dominancia de una alternativa en todos los criterios reflejaría un problema de construcción de la matriz. En este caso podemos identificar la utilidad de una mirada multidimensional; sin pretender con ello que esto estará exento de conflictos.

Preferencias según simulación perfiles de tomadores de decisión

Para presentar los resultados se trabajará con la simulación de distintos perfiles de tomadores de decisión. Cada “tipo” supone priorizar los criterios propios de la dimensión que estarían representando respecto de los criterios para el resto de las dimensiones. Así, el “tipo económico” se inclinará por minimizar el gasto privado y maximizar los beneficios por

hectárea; el “tipo ambiental” se orientará por maximizar tanto la eficiencia intra-finca como la diversidad de cultivos presente en la región; el “tipo social” se preocupará por maximizar la generación de trabajo y minimizar la resistencia al cambio y por último, el “tipo político” se preocupará por minimizar el esfuerzo de gestión del agua.

Tabla 4.4 Ponderación de los criterios económicos, ambientales, sociales y políticos, según simulación de perfiles de tomadores de decisión

Ponderación Preferencias por TIPO TEORICO	Gastos operativos privados	Beneficio por ha productiva	Esfuerzo publico-privado para gestion del agua	Eficiencia uso agua intra finca	Diversidad de cultivos	TRA Anual	Resistencia al cambio
TIPO <i>Economico</i>	8	8	2	2	2	2	2
TIPO <i>Ambiental</i>	2	2	2	8	8	2	2
TIPO <i>Social</i>	2	2	2	2	2	8	8
TIPO <i>Político</i>	2	2	8	2	2	2	2

Fuente: elaboración propia

Ordenamiento de alternativas preferencias por tipo de perfil

El resultado de preferencias diferenciadas por perfiles teóricos arroja como resultado un ordenamiento de las alternativas que balancea las fortalezas y debilidades de cada una. La columna “neto” es la que revela la preferencia para cada “tipo”; donde se ordena de menor a mayor las alternativas de más preferidas a menos preferidas.

Tabla 4.5 Resultados Neto, Fortalezas y Debilidades de cada una de las alternativas según perfiles teóricos para Colonia Fiscal Sarmiento

Orden preferencia de alternativas según TIPO <i>Económico</i>				Orden preferencia de alternativas según TIPO <i>Ambiental</i>			
Alternativa	Neto	Fortalezas	Debilidades	Alternativa	Neto	Fortalezas	Debilidades
A_I	2	2	2	A_I	3	3	4
A_II	3	3	3	A_II	4	4	3
A_III	4	4	4	A_III	2	2	2
A_IV	1	1	1	A_IV	1	1	1

Orden preferencia de alternativas según TIPO <i>Social</i>				Orden preferencia de alternativas según TIPO <i>Político</i>			
Alternativa	Neto	Fortalezas	Debilidades	Alternativa	Neto	Fortalezas	Debilidades
A_I	3	3	4	A_I	2	1	2
A_II	4	4	3	A_II	4	4	4
A_III	2	2	2	A_III	1	2	1
A_IV	1	1	1	A_IV	3	3	3

* A_I (Tendencial); A_II (Estabilización de la producción vitícola); A_III (Intensificación de la producción vitivinícola) y A_IV (Desarrollo de la agricultura diversificada).

Fuente: elaboración propia

De este modo se puede identificar que la alternativa IV es la preferida para los tipos Económico, Ambiental y Social y la alternativa III para el tipo Político. Asimismo, se identifica que la alternativa II, resulta la menos preferida para los tipo Ambiental, Social y Político. Por último, se señala que la alternativa tendencial no es preferida por ningún tipo; a pesar de ser ordenada en segundo lugar por los tipos Económico y Político.

Se aclara que estos resultados no modifican la alternativa más preferida ante cambios en los valores de umbrales de indiferencia y de preferencia de $q=10\%$ y $p=90\%$ respectivamente a valores de $q=30\%$ y $p=70\%$ en cada caso. Los cambios que si se reconocen es una alternancia en el orden para el Tipo *Económico* entre el tercer y el cuarto orden de preferencia y para el Tipo *Político* entre el segundo y el tercer orden de preferencia.

Tabla 4.6. Orden de preferencia de las alternativas sensibilizado, según perfiles teóricos para Colonia Fiscal Sarmiento

Orden	TIPO <i>Económico</i>		TIPO <i>Ambiental</i>		TIPO <i>Social</i>		TIPO <i>Político</i>	
	$q=10\%/p=90\%$	$q=30\%/p=70\%$	$q=10\%/p=90\%$	$q=30\%/p=70\%$	$q=10\%/p=90\%$	$q=30\%/p=70\%$	$q=10\%/p=90\%$	$q=30\%/p=70\%$
1	A_IV	A_IV	A_IV	A_IV	A_IV	A_IV	A_III	A_III
2	A_I	A_I	A_III	A_III	A_III	A_III	A_IV	A_I
3	A_III	A_II	A_I	A_I	A_I	A_I	A_I	A_IV
4	A_II	A_III	A_II	A_II	A_II	A_II	A_II	A_II

Fuente: elaboración propia

Conclusiones

En primer lugar, se rescata que el hecho de que tres de cuatro tipos hayan coincidido en la ordenación de sus preferencias, a saber, la Alternativa IV. A su vez, solo un tipo teórico cambia de elección y prefiere la tercera. En este sentido, la estrategia tiene la fortaleza de habilitar la disidencia, pero también generar marcos que permitan acuerdos. Acuerdos entre actores que, en primera instancia, parecerían no tener puntos de encuentro. En segundo lugar, se identifica estratégica la posición que ocupa la diversificación de la producción primaria que dé cuenta de tendencias más generales para pensar lo ambiental, por ejemplo, a través de otras estrategias que van más allá del uso del agua.

Se asume entonces aquí la necesidad de comprender la importancia del sector agrícola no solo desde una funcionalidad económica sino también desde la responsabilidad de mantener y mejorar la base del agroecosistema en la región. Por ello, una evaluación de los agroecosistemas no podría hacerse sólo teniendo en cuenta criterios económicos; es necesario considerar los ambientales, institucionales y sociales en pos de un desarrollo integral (Casas, 2006; Otte *et al.*, 2007; Dumont *et al.*, 2015; Cisneros, 2016; Tittonell, 2019). Justamente, esto implica un abordaje que dé cuenta y habilite el diálogo entre distintas perspectivas ante el desafío de abordar la sostenibilidad de sistemas productivos locales.

Por ejemplo, estudios desarrollados desde la agroecología, reconocen los beneficios de incorporar ciertas prácticas para aportar a la restauración de la diversidad. Solo por señalar algunas se mencionan aquí: presencia de cultivos intercalados o policultivos, la agrosilvicultura o agroforestales y, entre otros, métodos de diversificación de las siembras como por ejemplo la rotación de cultivos, la cobertura de cultivos o la combinación con especies animales. A su vez, hay estudios que se focalizan en analizar el impacto negativo sobre la degradación de tierras ante procesos de intensificación de la producción agrícola sin la realización de las rotaciones necesarias y de recuperación de nutrientes (Cisneros *et al.*, 2008; Casas, 2006). Asimismo, desde estas perspectivas se señalan otras prácticas que van más allá de la diversificación y que tienen que ver con el modo de organizar la producción agropecuaria. Así, toman relevancia también el control natural de las plagas, el reciclaje de nutrientes, la presencia de mayores índices de cobertura del suelo que eviten la pérdida de

agua, el aumento del flujo de carbono, el incremento de la actividad biológica, una mayor cantidad de raíces activas en la finca, aumento de la estabilidad estructural, mayor profundización radical y fertilización del suelo (Casas, 2006; Altieri, 2000). Los aspectos sociales en vinculación con lo anterior no deben perderse de vista, así como tampoco las formas de gobierno sobre los comunes; más allá de la política pública estatal y por fuera de la lógica del capital (Dumont *et al*, 2015; Gutiérrez-Aguilar y Rátiva-Gaona, 2020).

Se insiste así en la complejidad que es requerida en estas perspectivas; demandando un diálogo inter y trans disciplinar situado. Se aclara así, que la presentación hecha para el presente capítulo no es suficiente para dar cuenta de dicha complejidad y presenta un alto nivel de simplificación, por ejemplo, para hablar de una propuesta de diversificación de cultivos. Sin embargo, la misma resulta útil para dimensionar y dar un lugar específico en la agenda pública a la temática. Esto es imperante como perspectiva general pero también para atender a situaciones particulares de regiones con elevados niveles de especialización en su matriz productiva primaria, entre otras.

Más allá de esto, se insiste aquí en que, dado lo árido de la zona, el agua será un elemento estructurante en cada alternativa. Es decir, se considera que no será factible contemplar un análisis de alternativas de producción sin un proceso de cambio en la gestión del agua. Esto se plantea sin necesidad de asumir una mirada tecnocrática y centralizada en la obra hidráulica. Los procesos son importantes y reconocer el diálogo entre miradas estatales, privadas y de otros espacios (colectivos) será clave.

Finalmente, se reconoce la utilidad del método para brindar herramientas de decisión para actores locales que sean fáciles de construir e implementar; atenta siempre ello al proceso de organización e implementación del método (Saarikoski *et al*, 2016). Se considera útil este aspecto en la medida que se reconoce la crítica que señala que la mayoría de los planes de ordenamiento territorial se quedan con frecuencia en el diagnóstico del problema, pocas veces en el plan y casi nunca en la implementación. Por esto, se advierte al lector sobre la orientación teórica del ejercicio desarrollado aquí y de la finalidad de presentar su potencialidad para el estudio de la problemática del caso de estudio elegido.

Referencias bibliográficas

- Adeyeye, K.; Gibberd, J y Chakwizira, J. (2020). Water marginality in rural and peri-urban communities. *Journal of Cleaner Production* 273: 122594
- Altieri, M. (2000). *Agroecology: principles and strategies for designing sustainable farming systems*. Universidad de California, Berkeley.
- Andrieu, J. y Rodriguez Savall, M.F. (2019). Tensiones por el gobierno del agua: el caso de Colonia Fiscal Norte-Cuyo, Argentina, *MILLCAYAC - Revista Digital de Ciencias Sociales / Vol. VI / (10) / marzo - agosto 2019*. ISSN: 2362-616x. (pp. 245-260). SIPUC. FCPyS. UNCuyo. Mendoza.
- Andrieu, J.; Roldan, M.; Montenegro, F. y Gonzalez Aubone, F. (2017). Equidad en los Recursos de Uso Común. Aportes para la gestión colectiva de un distrito de riego en San Juan. En III JORNADAS NACIONALES DE ECOLOGÍA POLÍTICA. San Juan: Universidad Nacional de San Juan.

- Astelarra, S.; De La Cal, V. y Domínguez, D. (2017). Conflictos en los Sitios Ramsar de Argentina: aportes para una ecología política de los humedales. *Letras Verdes. Revista Latinoamericana de Estudios Socioambientales* (22), septiembre de 2017, pp. 228-247
- Bernabeu, M.; Rojas, F.; Martín, F.; Akil, N. (2016). Reflexiones teórico-metodológicas para el estudio de cambios de usos del suelo en la provincia de Mendoza, Argentina. En: Encuentro Latinoamericano de Metodología de las Ciencias Sociales: Métodos, metodologías y nuevas epistemologías en las ciencias sociales: desafíos para el conocimiento profundo de Nuestra América, Mendoza.
- Brans, J. y De Smet, Y. (2016). PROMETHEE Methods. En S. Greco, M. Ehrgott y J. R. Figueira (Eds.), *Multiple Criteria Decision Analysis: State of the Art Surveys*. Springer New York. Nueva York. pp 187-219.
- Casas, R. (2006). Preservar la calidad y salud de los suelos: una oportunidad para la Argentina. *Anales de la Academia Nacional de Agronomía y Veterinaria* 60: 37-61.
- Cisneros, J. (2016). Hacia un nuevo paradigma en conservación de suelos: el ordenamiento territorial. *Anales ANAV*. 222-244 pp.
- Cisneros, J.; Cantero, A.; Degioanni, A.; Becerra, V.; Zubrzycki, M.A. (2008). Producción, Uso y Manejo de las Tierras. En: de Prada J.D. y J. Penna (Eds.) *Percepción económica y visión de los productores agropecuarios de los problemas ambientales en el Sur de Córdoba, Argentina*. Instituto de Economía y Sociología INTA, 94 pp.
- Dumont, A.; Vanloqueren, G; Stassart, P. y Baret, P. (2015). Clarifying the socioeconomic dimensions of agroecology: between principles and practices. *Agroecology and Sustainable Food Systems*; 40: 1, 24-47.
- Garibaldi, L. y Pérez-Méndez, N. (2019). Positive outcomes between crop diversity and agricultural employment worldwide. *Ecological Economics* (164), 106358.
- Godfrid, J. y Damonte, G. (2020) La Provincia de San Juan entre la promoción minera y la defensa del agua: "narrativas territoriales" en disputa. *Quid* 16 (13) – Jun.-Nov. 2020 – (85-112).
- Gonzalez Aubone, F.; Andrieu, J. y Montenegro, F. (2020). Proceso de Adecuación del suministro de agua para riego en la Colonia Fiscal Sarmiento (San Juan) orientado a la GIRH. INTA EEA San Juan.
- Gonzalez Aubone, F.; Andrieu, J.; Miranda, O. y Montenegro, F. (2015). Modernización de regadíos. La rigidez del suministro y las prácticas de los regantes en San Juan, Argentina. En O. Duarte, E. Díaz, y Carñe (Ed.), *Anales de resúmenes del XXV Congreso Nacional de Agua: Agua como Política de Estado*. Paraná: Asociación Internacional de Hidrogeólogos, Grupo Argentino, Comisión Directiva CONAGUA.
- Gutiérrez-Aguilar, R. y Rátiva-Gaona, S. (2020). "La lucha por los comunes y las alternativas al desarrollo frente al extractivismo: miradas desde las ecología(s) política(s) latinoamericanas" / Denisse Roca-Servat ; Jenni Perdomo- Sánchez[et al.] ; compilado por Denisse Roca- Servat ; Jenni Perdomo-Sánchez.- 1a ed.- Ciudad Autónoma de Buenos Aires : CLACSO, 2020. Libro digital, PDF - (Grupos de trabajo de CLACSO.
- Mcdonald, D. y Swyngedouw, E. (2019). The new water wars: Struggles for remunicipalisation. *Water Alternatives* 12(2): 322-333
- Merlinsky, M.G. (2017). Ecología política del agua y territorialización de las luchas sociales: la experiencia del foro hídrico de Lomas de Zamora. *Anthropologica*, 35(38), 119-143.
- Miranda O. y Battistella, M. (Coord.) (2003). *Costos operativos de cultivos bajo riego*. 2da Ed. San Juan, Argentina, Ed. INTA.
- Miranda, O. (2015). *El riego en la provincia de San Juan, Argentina: su dinámica institucional en los últimos dos siglos*. *Agricultura, sociedad y desarrollo*. , 12 (3), 385- 408

- Montenegro, F. (2016). Banco de imágenes para el proyecto PICT-2014-1259 “Acción colectiva y organización de regantes en la agricultura de la provincia de San Juan”. QGIS 3.1.
- OIT (2018) Adaptación al cambio climático y su impacto sobre el empleo. Documento de insumo para el Grupo de Trabajo de Sustentabilidad Climática del G20 Oficina Internacional del Trabajo – Ginebra.
- Ostrom, E. (2010). Beyond Markets and States: Polycentric Governance of Complex Economic Systems. *American economic Review*. Chicago. Vol.100, pp. 641-672.
- Otte, A.; Simmering, D. y Wolters, V. (2007). Biodiversity at the landscape level: Recent concepts and perspectives for multifunctional land use. *Landscape Ecology*. 22. 639-642. 10.1007/s10980-007-9094-6.
- Pugliese, B.; Pacheco, D.; Guzman, Y. y Studer, P. (2019) Diseño de agroecosistemas en Vid. Evaluación de sistema de conducción como alternativa de transición hacia un manejo agroecológico. 1er Congreso Argentino de Agroecología. Mendoza.
- Pugliese, B. y Studer, P. (2018). Agricultura Regional Intensiva en Argentina. Evaluación de Agroecosistema bajo un contexto de baja rentabilidad en cultivos frutícolas: construcción de indicadores. VII Congreso Latinoamericano de Agroecología, Guayaquil. Ecuador
- Rojas, F. y Wagner, L. (2016). “Conflicto por la apropiación del río Atuel entre Mendoza y La Pampa (Argentina).” *HALAC VI*, n. 2 (Diciembre 2016): 278-297
- Saarikoski, H.; Mustajoki, J.; Barton, D.; Geneletti, D.; Langemeyer, J.; Gomez-Baggethun, E.; Marttunen, M.; Antunes, P.; Keune, H. y Santos, R. (2016). Multi-Criteria Decision Analysis and Cost-Benefit Analysis: Comparing alternative frameworks for integrated valuation of ecosystem services, *Ecosystem Services*, Volume 22, Part B, Pages 238-249.
- Scherbosky, R. (2016). San Juan y el conflicto de tierra en Argentina. *Diálogos* (176), IPDRS.
- Servat, D. y Perdomo-Sanchez, J. (2020). *La lucha por los comunes y las alternativas al desarrollo frente al extractivismo. Miradas desde las ecologías(s) política(s) latinoamericanas*. Serie Ambiente, cambio climático y sociedad. CLACSO.
- Smits, S.; Van-Koppen, B.; Moriarty, P. y Butterworth, J. (2010) Multiple-use services as an alternative to rural water supply services: A characterisation of the approach. *Water Alternatives* 3(1): 102-121.
- Swyngedouw, E. (2011) ¡La naturaleza no existe! La sostenibilidad como síntoma de una planificación despolitizada. En: *Urban*, NSo1, pp. 41-66.
- Tapia, R.; Scaglia, J.; Andrieu, J. y Martinelli, M (2018) “Acceso y calidad del agua para su uso en múltiples actividades por parte de pequeños productores caprinos situados en el sureste del secano de San Juan (Argentina)”. *Multequina*.: IADIZA. 2018 vol. (26). p21 - 32.
- Tello, D.; de Prada, J. y Cristeche, E. (2017) Análisis Multicriterio de Alternativas de Política para la Conservación del Bosque de Caldén de Córdoba, Argentina. XLVIII Reunión Anual de la AAEA, Talca, Chile.
- Tello, D.; de Prada, J. y Cristeche, E. (2021) A multi-criteria assessment for native forest policy analysis: the case of Caldén forest in the province of Córdoba, Argentina. *Environment, Development and Sustainability* 23, 5538–5556. <https://doi.org/10.1007/s10668-020-00831-w>
- Tittonell, P. (2019). Las transiciones agroecológicas: múltiples escalas, niveles y desafíos. *Revista De La Facultad De Ciencias Agrarias UNCuyo*, 51(1), 231-246.

CAPÍTULO 5

Uso del análisis multicriterio para la planificación rural sostenible: el caso del partido de Balcarce (Argentina)

Natizon, P.²⁰; Auer, A.²¹; Murillo, N.²²; Manchado, J.C.²³

Resumen

El territorio rural se está volviendo más homogéneo y con mayores conflictos por la intensificación agrícola y cambios del uso del suelo. Para modificar los desequilibrios territoriales se requiere de un proceso de gestión rural estratégico y consensuado. El objetivo del capítulo: evaluar cuatro alternativas de uso del suelo a través de un método de análisis multicriterio 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 seis criterios que abarcan

20 Investigadora Estación Experimental Agropecuaria Balcarce Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Contacto: natinzon.paula@inta.gob.ar

21 Investigadora Asistente CONICET. Grupo de Estudios Sobre Población y Territorio (GESPYT), Centro de Investigaciones Geográficas y Socio-Ambientales, Instituto de Humanidades y Ciencias Sociales (INHUS), Facultad de Humanidades, Universidad Nacional de Mar del Plata. Contacto: aleauer@gmail.com

22 Agencia De Extensión Rural Nicanor Otamendi. Contacto: murillo.natalia@inta.gob.ar

23 Investigador Estación Experimental Agropecuaria Balcarce Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Contacto: manchado.juan@inta.gob.ar

las dimensiones de la sostenibilidad y bajo las preferencias de once tomadores de decisiones, funcionarios del gobierno municipal, representantes o referentes de los: productores, técnicos y académicos. Los resultados muestran que los participantes asignan ponderación a los múltiples criterios, y convergen eligiendo la alternativa con una visión más integral del territorio rural con una sola excepción. La metodología muestra ser adecuada para la gestión del territorio rural y la elección de una visión compartida.

Introducción

La creciente demanda de alimentos, forraje, combustible y materias primas en las últimas décadas, ha ocasionado un incremento del uso del suelo para cultivos agrícolas y pastoreo del ganado del 27% a más del 46% de la superficie total (United Nations, 2017). En la región pampeana de Argentina, la expansión del área de cultivo y la intensificación del uso del suelo en detrimento de las áreas de pastoreo, se aceleraron dramáticamente debido a la incorporación del cultivo de soja transgénica, que dominó el panorama agrícola nacional (Pengue, 2004, Manchado *et al.*, 2013). Si bien estos cambios tuvieron un efecto positivo de corto plazo en los valores económicos generados por el sector agrícola, esta agricultura "industrial" trajo como consecuencia importantes externalidades negativas que afectan a todo el territorio pampeano. En la dimensión ambiental, estas externalidades negativas se manifiestan a través de pérdida de pastizales naturales y ambientes semi-naturales, degradación de los cuerpos de agua, disminución de la biodiversidad y/o mayor fragilidad de los sistemas; mientras que en la dimensión socio-cultural se evidencian por la profundización del despoblamiento rural, deterioro de las oportunidades recreativas y del patrimonio histórico-cultural, conocimientos locales y tradicionales y conflictos en áreas periurbanas, originados principalmente por el uso indiscriminado de agroquímicos (Paruelo *et al.*, 2006; Adámoli, 2006; Porto-Gonçalves, 2006; Cabrini *et al.*, 2014; Auer *et al.*, 2017; 2018).

Paralelamente a estos procesos, la urbanización no planificada experimentó un importante crecimiento tanto en la expansión de las plantas urbanas como en la nueva ocupación de áreas rurales de forma dispersa (barrios cerrados). En 2007, por primera vez en la historia, la población urbana mundial superó a la población rural mundial (United Nations, 2014). Los patrones de urbanización dispersa, en muchos casos, están guiados por los precios del mercado de tierras con un horizonte de planificación a corto plazo, aunque sus consecuencias sean a largo plazo (de Prada *et al.*, 2016). Esto, sumado a una regulación deficiente o a la ausencia del Estado, genera que la inversión privada, y el consiguiente predominio de los intereses de los propietarios, ganen importancia (Baudron, 2007).

Estos cambios en el uso del suelo, con evidentes consecuencias negativas, sugieren la necesidad de planificar la utilización del territorio en su conjunto y de manera colectiva, estratégica y consensuada entre todos los actores que lo componen. En este sentido, los procesos de ordenamiento territorial (OT) representan estrategias orientadas a promover las oportunidades de desarrollo local y, a la vez, guiarlas hacia un crecimiento equilibrado, integrado y sustentable del territorio, buscando la planificación y organización del uso y ocupación del mismo, teniendo en cuenta sus características y potencialidades ambientales, económicas, socio-culturales y político-institucionales, garantizando la provisión de los servicios ecosistémicos y la calidad de vida de la población (CEMAT, 1983; Comisión de Desarrollo y Medio Ambiente de América Latina, 1991; en Massiris Cabeza, 2002).

En estos procesos de OT es preciso contar con dos condiciones:

- estudios científico-técnicos que brinden información sobre el impacto que pueden tener distintas alternativas de ocupación y uso futuro del territorio,
- La participación comprometida de los actores sociales del territorio

El OT debe ser un proceso concertado en el que se construya una visión común, con el propósito de generar una propuesta consensuada, un acuerdo social para el territorio, que contenga no sólo lo que cada sector involucrado quiere, sino también lo que está dispuesto a ceder.

En este sentido, es fundamental el papel de los tomadores de decisión (TD) para que estos procesos puedan realizarse de manera exitosa. Existen enfoques formales que permiten integrar diversos criterios para ayudar a éstos a seleccionar entre las diversas alternativas, como son los **análisis de decisión multicriterio** (MCDA, por sus siglas en inglés) (Mendoza y Martins, 2006). Estos métodos presentan como principal ventaja el permitir analizar bajo qué criterios las alternativas evidencian un buen comportamiento y bajo cuáles su comportamiento es deficiente, para luego efectuar la mejor elección de acuerdo al esquema de preferencias del TD (Fernández Barberis, 2002).

Este trabajo se focaliza en el Ordenamiento Territorial Rural (OTR) analizando diferentes alternativas de uso del suelo para el partido de Balcarce, Argentina, considerando diferentes criterios y preferencias de decisión, para dejar en evidencia la importancia de incorporar todas las dimensiones de la sustentabilidad y la participación social en la planificación rural.

Materiales y métodos

Área de estudio

El presente estudio se realizó en el partido de Balcarce (4115,3 km² de superficie), ubicado en el sudeste de la provincia de Buenos Aires, Argentina. Su geografía se caracteriza por una llanura ondulada, entre un sistema de sierras bajas (Sistema de Tandilia) con pequeños arroyos y cuerpos de agua. El 75% del suelo es apto para cultivos (categorías de capacidad de uso de suelo I a IV), mientras que el 25% restante son en su mayoría tierras "no aptas para cultivos", principalmente pastizales (categorías de capacidad de uso V a VIII) (INTA, 2002) (Figura 5.1). La producción agropecuaria es la principal actividad económica, particularmente debido a los cultivos extensivos (soja, trigo, girasol y maíz), papa (cultivo típico intensivo en esta región) y cría y engorde de ganado vacuno. En los últimos años se ha incrementado en el partido la actividad turística y el desarrollo industrial. En junio de 2016, el 57% de las tierras del partido estaba bajo uso agrícola (46% en suelos con capacidad agrícola y 11% en suelos no aptos para la agricultura) (UIB, 2017). Esto implica que el 40% de los suelos no aptos para agricultura del partido estaban siendo utilizados para dicho uso (Angelini, comunicación personal). La soja ha sido el cultivo dominante, habiendo llegado a cubrir el 51% del área sembrada con cultivos, representando actualmente el 33% (campaña 2018/19; SIIA, 2021). Existen numerosas evidencias de que el tipo de cultivos y las prácticas de manejo actuales han causado desequilibrios en el balance de nutrientes en los suelos, disminución de la materia orgánica y presunciones de contaminación ambiental difusa debida a los pesticidas utilizados (Manchado *et al.*, 2012).

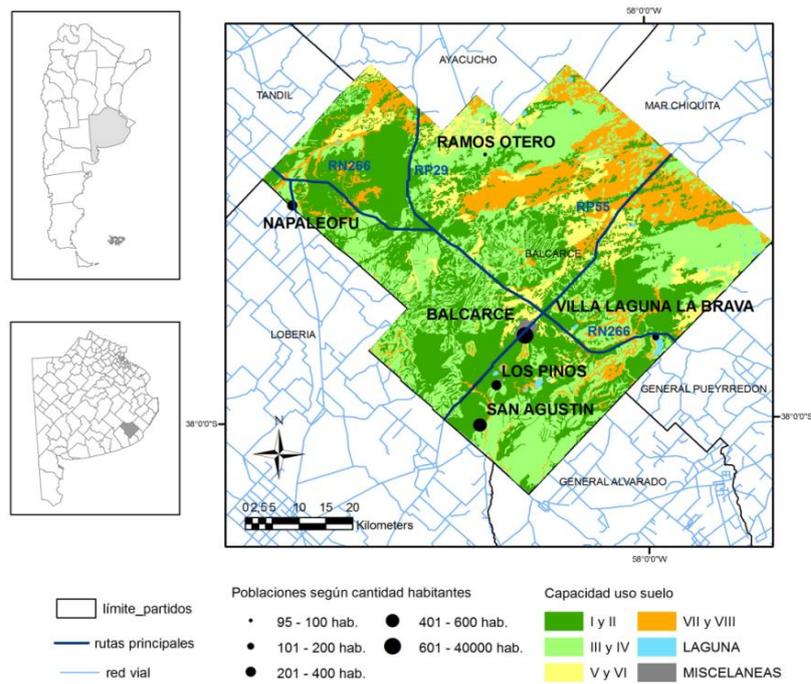


Figura 5.1: Suelos del partido de Balcarce, clasificados según su capacidad de uso, rutas principales y centros poblados según cantidad de habitantes. Fuente: Elaboración propia en base a información de Carta de Suelo, escala 1:50.000, INTA (2002) y censo poblacional 2010 (INDEC).

San José de Balcarce es la capital del partido y el núcleo urbano más importante. La población total del partido aumentó según los dos últimos censos, pasando de 42.039 habitantes en 2001 a 43.823 en 2010 (INDEC, 2001; 2010). La mayor parte de los habitantes se concentran en la ciudad capital, representando el 83,6% de la población total del partido en 2001 y el 87,6% en 2010. En los últimos años, se ha evidenciado una despoblación rural importante (disminución en el período intercensal del 23% de la población rural dispersa y 14% en pequeños poblados rurales), siendo en la actualidad la población rural total (dispersa y agrupada) del 12% del total (INDEC, 2010). La preservación de la infraestructura rural, en particular los caminos rurales (caminos pavimentados o de tierra) que conectan la ciudad capital con pequeños pueblos rurales, ha sido escasa e insuficiente.

En el partido de Balcarce si bien se han elaborado algunas propuestas de regulaciones locales, principalmente referidas al uso de agroquímicos (última versión, 2013), no han sido efectivamente promulgadas. Asimismo, se ha llevado a cabo una iniciativa de ordenamiento territorial rural participativa a través de un proyecto interinstitucional desarrollado entre 2008 y 2013, que generó el "Plan de Ordenamiento Ambiental Territorial Rural del partido de Balcarce" (POATR) (Maceira *et al.*, 2011; Maceira y Zelaya, 2014). Este Plan plantea como objetivo principal "contribuir al desarrollo sostenible del partido, a través del desarrollo de herramientas integrales de gestión y propuestas para mejorar, optimizar y mejorar las condiciones productivas, sociales, ambientales, territoriales e institucionales del partido" (Propuesta POATR, partido de Balcarce, 2013). Este documento fue presentado para su tratamiento al Honorable Concejo Deliberante de la Municipalidad del partido de Balcarce en el año 2013, pero su tratamiento está aún pendiente.

Análisis Multicriterio Discreto

En este contexto, y atendiendo a la importancia de una planificación del territorio rural que atienda las distintas dimensiones de la sustentabilidad y la visión de los actores que actúan en el mismo, se realizó un estudio para el partido de Balcarce, usando análisis multicriterio discreto PROMETHEE (Brans y Vincke, 1985; Brans *et al.*, 1986), involucrando a los TD a través de la valorización de la importancia asignada a cada criterio.

Para evaluar distintas alternativas de uso y ocupación del territorio, en principio éstas fueron diseñadas bajo la presunción de que originarán distintas imágenes objetivas futuras en un horizonte temporal de 15 años. En este trabajo, se han planteado cuatro alternativas:

A_I. "Tendencial". Alternativa basada en el contexto actual, elaborada teniendo en cuenta la situación imperante en los últimos 10 años. En esta alternativa se asume que: la "agricultura industrial" se consolida y alcanza una ocupación del 66% del suelo del partido, avanzando sobre campos con capacidad no apta para la agricultura. La ganadería ocupa el 24% del territorio. La producción de base agroecológica ocupa solo el 0,5% de la superficie. La proporción de cultivos es 34% de cultivos de invierno (principalmente trigo), 62% de cultivos de verano (principalmente soja) y 4% de papa. La ocupación urbana de la ciudad de Balcarce se expande ligeramente de manera desorganizada, ocupando tierras productivas, mientras que la población rural disminuye al 8% de la población total del partido. Las mejoras de la infraestructura vial se realizan solo en carreteras principales (5% de carreteras provinciales), pero no en carreteras y caminos rurales. Aunque el número de conflictos sociales aumenta (principalmente en zonas periurbanas, por el uso de agroquímicos y avance urbano desordenado), el esfuerzo institucional es mínimo, ya que solo se actúa para intervenir en estos conflictos y no para prevenirlos.

A_II. "Agricultura industrial regulada". La imagen proyectada para el futuro es similar a la alternativa A_I, pero con la diferencia de que se adopta una propuesta de regulaciones sobre uso y manejo de agroquímicos. Por esta razón, dado que se implementarían zonas de amortiguamiento en áreas periurbanas y en bordes de arroyos, lagunas y colinas, un 1,5% de la tierra de cultivo tiene un manejo agroecológico, lo que resulta en menos conflictos sociales. El esfuerzo institucional es mayor con respecto a la alternativa "Tendencial", debido a la implementación y control del cumplimiento de las regulaciones.

A_III. "Agricultura diversificada". Esta alternativa se inspiró en los lineamientos y programas orientados a la valoración, conservación y manejo sostenible de los recursos naturales y culturales propuestos en el "POATR". El porcentaje de tierras de cultivo agrícola (46%) se equilibra con el uso para ganadería (43%). Una proporción levemente mayor de producciones agroecológicas (5% de la tierra) se debe a la esencia integral del Plan (por ejemplo, programas de educación ambiental, conservación de recursos naturales) y al cumplimiento de las regulaciones de uso de agroquímicos, también incluidas en la alternativa A_II. A su vez, se incrementa en forma planificada la superficie para "otros usos", como la recreación y el turismo. Aumenta la población rural (15%), lo que se vincula, entre otras cosas, a las mejoras en las carreteras principales (2% de las carreteras principales) y secundarias (10%). Todos estos cambios, debidos a la ejecución, monitoreo y control de los programas del POATR, traen aparejado un aumento del esfuerzo institucional a la vez que disminuyen algunos conflictos sociales.

A_IV. “Hacia la Agroecología”. Esta alternativa considera como primordial la protección del medio ambiente y de la salud de la población, centrándose en un mayor contacto con la naturaleza de los habitantes y una revalorización del estilo de vida rural, mediante la sensibilización a través de redes institucionales. Hay un aumento significativo de la producción agroecológica (15% del suelo del partido), fomentada por la creación de redes tales como la Red Nacional de Municipios y Comunidades que fomentan la Agroecología, y promovida por instituciones científicas y organizaciones de la sociedad civil. El porcentaje de área de pastoreo (38%) es menor en relación con la alternativa A_III. La población rural representa el 20% del total de habitantes del partido, y este aumento se vincula a las mejoras en las carreteras secundarias (20% de las carreteras actuales). Al no existir regulaciones, se incrementan los conflictos entre aquellos que fomentan este estilo de vida y aquellos que continúan con una visión más productivista. Las acciones necesarias para modificar el comportamiento ciudadano (por ejemplo, relacionadas con los agroquímicos o el asentamiento rural) requieren un gran esfuerzo institucional.

En el presente capítulo se plantearon seis criterios, que abarcan las distintas dimensiones de la sustentabilidad. A continuación, se presenta una descripción de cada uno de ellos, indicando la modalidad de valoración:

1. Actividad agrícola sobre suelo con aptitud ganadera (AGR): Criterio cuantitativo que estima el porcentaje de superficie con "capacidad de uso no agrícola" destinada a producción agrícola. Es estimada a partir de mapas de capacidad de uso y cobertura de suelo (UIB, 2017).

2. Coeficiente de impacto ambiental de pesticidas (EIQ, por su sigla en inglés): Criterio cuantitativo que considera la estimación del índice de impacto ambiental y de salud (tasa anual absoluta por cultivo), calculado para los pesticidas de uso frecuente en el partido (dependiendo del ingrediente activo y las dosis de cada uno) y ponderado por el área ocupada por cada cultivo (Kovach *et al.*, 1992) (Elaboración propia aplicando "EIQ Calculator" de la Universidad de Cornell). Las proyecciones de superficie ocupada por los cultivos del partido se estiman a partir de los supuestos de cada alternativa. El uso de pesticidas /ha para cada cultivo fue tomado de la estructura de Costos Directos que utiliza el Área de Economía y Sociología Rural INTA Balcarce.

3. Preservación del patrimonio cultural (PAT): Criterio cualitativo en una escala de 1 a 5, donde 5 es la mayor conservación del patrimonio. Se estimó a partir de una investigación sobre la percepción que distintos actores territoriales tienen acerca de los cambios en el paisaje rural y los atributos del paisaje que proporcionan identidad, sentido del lugar y patrimonio cultural (Auer *et al.*, 2017).

4. Valor bruto de la producción agropecuaria (VBP): Valorización monetaria (criterio cuantitativo) de la producción primaria de las actividades principales (cereales, oleaginosas, carne de bovina, papas) expresado en millones de dólares / año. Para su cálculo, se utilizaron las siguientes bases de datos: 1.- para cereales y semillas oleaginosas: datos sobre el área sembrada y los rendimientos del partido de Balcarce (serie promedio 2007/2016, SIIA, 2017) y precios nacionales (serie promedio 2012-16, Bolsa de Cereales, 2017); 2.- para cultivo de papa: área sembrada y rendimientos en el partido, y precio percibido en mercado central (serie promedio 2012/2016; argenpapa.com.ar, 2017); 3.- para estimación de la producción ganadera: datos de stock ganadero en el partido (series promedio 2012/2016; SENASA, 2017) y precios nacionales de carne vacuna (promedio de 2012/2016, IPCVA, 2017). No se

consideró un posible precio diferencial de la producción agroecológica debido a la falta de datos.

5. Frentes de conflictos sociales (FCS): Criterio cualitativo en una escala de 1 a 5, donde 5 es el mayor número de conflictos. Estimación propia, basada en el número e intensidad de conflictos y el número de actores sociales involucrados en ellos.

6. Esfuerzo político-institucional (EPI): Criterio cualitativo en una escala de 1 a 5, donde 5 es un esfuerzo "muy alto". Estimación basada en el número de programas de regulación, concientización, difusión y educación implementados y el monitoreo de políticas dirigidas a lograr cambios en el comportamiento ciudadano, con base en de Prada *et al.* (2012).

Se busca minimizar los criterios 1,2, 5 y 6; así como maximizar los criterios 3 y 4.

La responsabilidad de valorar la importancia de los distintos criterios, y a través de ello poder determinar la alternativa que mejor satisface sus intereses, fue puesta en los TD. Un TD puede estar representado por una persona (o varias), una organización o una institución. En el caso del ordenamiento territorial, si bien el Estado local (Municipalidad) tiene competencia jurídica hasta cierto alcance para conducir el proceso, es muy importante la participación de otros actores, con el fin de considerar sus distintas preferencias. La valoración que realiza cada TD para ordenar las alternativas dependerá de sus preferencias, expresadas, en el presente trabajo, a partir de la ponderación (importancia o peso relativo que asigna cada TD, en una escala de 0 a 10) de cada criterio.

Los TD que participaron en este trabajo exploratorio fueron 11 ciudadanos del partido de Balcarce con diferentes funciones en el Sector Público:

- TD1-TD2-TD3: Concejales del partido de Balcarce
- TD4: Subsecretario de la Producción de la municipalidad Partido de Balcarce
- TD5: Director de Gestión Ambiental de la municipalidad del Partido de Balcarce
- TD6: Agente municipal del partido de Balcarce
- TD7: Director de la Agencia de Desarrollo local de la Ciudad de Balcarce
- TD8: Agente de Extensión Rural del INTA Balcarce
- TD9: Productor Agroecológico del partido de Balcarce - Coordinador del Centro de Extensión Universitario de la Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Mar del Plata
- TD10: Comunicadora del INTA Balcarce
- TD11: Investigadora del INTA Balcarce

Resultados y discusiones

Interpretación de la Matriz de decisión multicriterio

La matriz de decisión sintetiza el contraste entre las diferentes alternativas valoradas a través de los criterios. En la Tabla 5.1 se muestran los resultados de la matriz de decisión obtenida para el Partido de Balcarce.

Tabla 5.1. Matriz de decisión Alternativas de uso del suelo en el Partido de Balcarce

Alternativas/Criterios	Criterios de acuerdo a las diferentes dimensiones de la Sustentabilidad					
	Ambiental		Socio-cultural	Económica	Político-institucional	
	1. AGR (%)	2. EIQ	3. PAT (Índice)	4. VBP (mill. U\$S/año)	5. FCS (Índice)	6. EPI (Índice)
A_I	40	27	2	300	5	1
A_II	40	26	3	299	3	3
A_III	20	17	4	217	1	5
A_IV	20	13	4	213	5	4
Objetivo esperado	MIN	MIN	MAX	MAX	MIN	MIN
Preferencia	Lineal	Lineal	Usual	Lineal	Usual	Usual
Umbral de preferencia	18	12,05		78,55		
Umbral de indiferencia	2	1,34		8,73		

Al analizar la matriz de decisión (Tabla 5.1), podemos realizar interesantes consideraciones. Por ejemplo, en la alternativa A_I se destaca la conflictividad entre los diferentes criterios evaluados. Particularmente se observa que en esta alternativa se obtienen los peores valores en los criterios de la dimensión ambiental tanto por el avance de la superficie agrícola sobre suelos con capacidad de uso ganadero (AGR 40%), como por el impacto de la contaminación ambiental por el uso de pesticidas (EIQ 26,7). En contraposición, en esta alternativa la dimensión económica genera los mejores resultados debido a los valores económicos que arrojan el VBP (Figura 5.2).

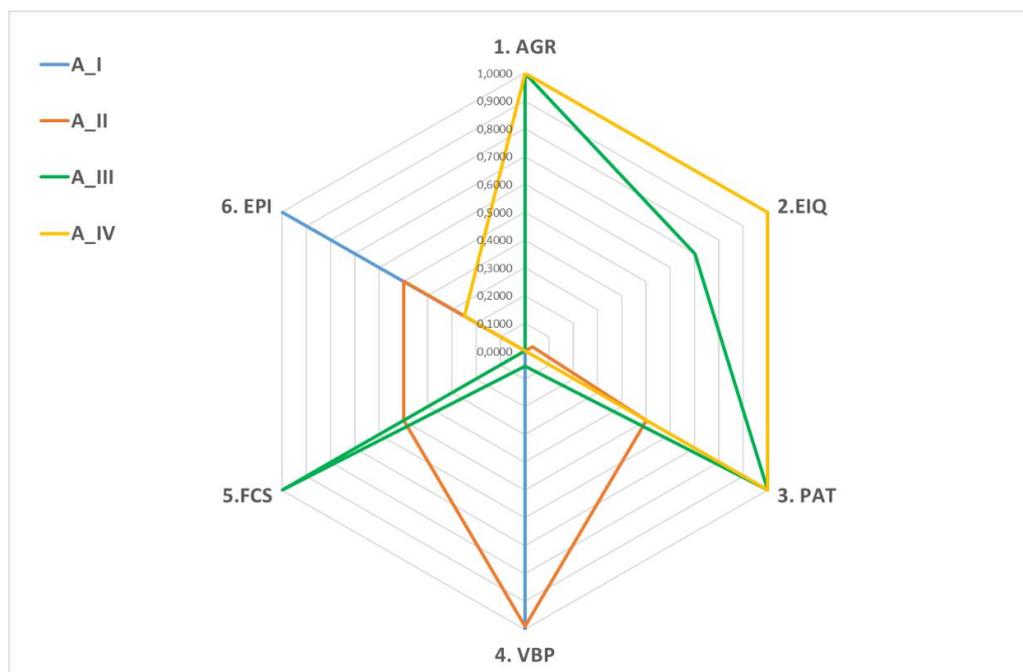


Figura 5.2. Valores estandarizados de los criterios para las alternativas analizadas para el Partido de Balcarce

Para la alternativa A_II, los valores obtenidos revelan que la implementación de una ordenanza regulatoria de uso de pesticidas no generaría *per se* una importante variación de los valores de los criterios ambientales y económicos con respecto a la alternativa tendencial (A_I). Sin embargo, resulta interesante dejar planteada esta alternativa ya que se pone en evidencia el efecto que genera en la dimensión político institucional tanto en el incremento de los frentes de conflictos en la sociedad, como así también en el esfuerzo político institucional que representa una medida de este tipo.

Con la alternativa A_III se obtienen los mejores valores para criterios ambientales (el mínimo valor del criterio “actividad agrícola sobre suelo con aptitud ganadera” (AGR) y un valor moderado del “coeficiente de impacto ambiental de pesticidas” (EIQ) y socioculturales (máximo valor del criterio “preservación del patrimonio cultural” (PAT). Es interesante observar el antagonismo en la dimensión político institucional de esta alternativa: si bien se obtiene el menor valor en relación a los frentes de conflicto, también requiere el mayor esfuerzo político institucional para su logro. El caso opuesto ocurre en la alternativa Tendencial A_I, donde se genera la mayor cantidad de frentes de conflictos, principalmente, por el avance de la frontera urbana, sin observarse un cambio en el esfuerzo político-institucional.

Por último, en la alternativa A_IV se puede observar una situación totalmente opuesta a la situación A_I en la mayoría de los criterios. Se destaca que existe un común denominador en estas dos alternativas, a falta de legislación restrictiva, los frentes de conflicto sociales llegan a su nivel máximo ocasionados por enfrentamientos entre grupos ambientalistas y productivistas.

Preferencia de los participantes

En la Tabla 5.2, se muestran las preferencias de los participantes para cada uno de los criterios.

Tabla 5.2. Nivel de importancia asignada a los criterios por participante

	Ponderación de cada Criterio					
	1. AGR	2.EIQ	3. PAT	4. VBP	5.FCS	6. EPI
TD1	10	10	8	9	5	5
TD2	6	6	5	8	5	7
TD3	6	9	7	9	8	9
TD4	5	10	5	9	9	8
TD5	2	10	2	5	7	5
TD6	7	9	8	9	7	8
TD7	7	8	7	10	8	10
TD8	10	10	9	10	8	9
TD9	8	10	7	5	2	9
TD10	8	10	10	7	10	10
TD11	8	10	7	10	9	6
Promedio	7	9	7	8	7	8
Moda	8	10	7	9	8	9
Desvío estándar	2,28	1,27	2,18	1,84	2,30	1,83
Coefficiente de variación (CV)	0,33	0,14	0,32	0,22	0,32	0,23

Al analizar el promedio de los valores obtenidos para todos los criterios se destaca que los participantes ponderan todas las dimensiones del desarrollo sostenible. El peso asignado, en promedio, varió entre un mínimo de 7 y un máximo de 9. Se destaca la importancia que los participantes otorgaron al coeficiente de impacto ambiental de pesticidas (EIQ), para el que también se observa la menor dispersión de su importancia de ponderación (CV 14%). A su vez, el valor bruto de la producción agropecuaria (VBP) y el esfuerzo político-institucional (EPI) son los siguientes criterios en importancia de acuerdo a los TD consultados. En las demás valorizaciones los CV oscilaron entre 14% y 33%.

Evaluación del método según las preferencias de los TD

Tabla 5.3. Resultados de la aplicación del método PROMETHEE con las ponderaciones de todos los tomadores de decisión

		TD1	TD2	TD3	TD4	TD5	TD6	TD7	TD8	TD9	TD10	TD11
A_I	Fortalezas	0,23	0,33	0,31	0,30	0,27	0,25	0,25	0,28	0,30	0,27	0,25
	Debilidades	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-0,45	-0,44
	Resultado Neto	0,22	0,05	0,09	0,10	0,16	0,18	0,18	0,15	0,12	-0,18	-0,18
A_II	Fortalezas	0,23	0,30	0,30	0,32	0,31	0,29	0,29	0,27	0,19	0,27	0,29
	Debilidades	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-0,44	-0,41
	Resultado Neto	0,21	0,10	0,11	0,07	0,09	0,12	0,12	0,16	0,29	-0,18	-0,12
A_III	Fortalezas	0,47	0,41	0,44	0,45	0,47	0,48	0,48	0,46	0,41	0,49	0,48
	Debilidades	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-0,22	-0,23
	Resultado Neto	0,25	0,13	0,17	0,18	0,23	0,25	0,25	0,21	0,16	0,27	0,25
A_IV	Fortalezas	0,42	0,32	0,32	0,31	0,33	0,35	0,35	0,36	0,43	0,35	0,35
	Debilidades	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,19	-0,27
	Resultado Neto	0,18	0,02	0,02	0,01	0,02	0,06	0,06	0,09	0,24	0,09	0,06
Valor máximo de Fortalezas		0,47	0,41	0,44	0,45	0,47	0,48	0,48	0,46	0,43	0,49	0,48
Valor mínimo de debilidades		0,22	0,28	0,27	0,26	0,24	0,23	0,23	0,24	0,19	-0,22	-0,23
Valor máximo de Resultado Neto		0,25	0,13	0,17	0,18	0,23	0,25	0,25	0,21	0,24	0,27	0,25

En la Tabla 5.3 se presentan los resultados que arroja la aplicación del método PROMETHEE. Estos valores se dividen en dos índices (fortalezas y debilidades) resultantes de la comparación de cada alternativa con todas las demás.

Conclusiones

En este estudio se analizaron cuatro alternativas de uso del suelo a través de un método de análisis multi-criterio discreto para el partido de Balcarce, ubicado en el sudeste de la provincia de Buenos Aires, Argentina. Al considerarse las diferentes preferencias de tomadores de decisión con el método PROMETHEE, la mejor alternativa es la de una “agricultura diversificada” (A_III), es decir, la alternativa con una visión más integral del desarrollo territorial. El método indica que la evaluación de estos criterios es robusta, dado que la alternativa A_III obtuvo las mayores fortalezas y las menores debilidades en 10 de los 11 actores consultados.

La participación social es considerada un factor clave en la gestión territorial rural, preferiblemente desde el principio del proceso y abarcando la mayor diversidad y representatividad de los actores sociales locales, dado que estos actores son los responsables de traccionar el proceso, llegando a resultados consensuados y democráticos. El presente trabajo si bien consideró esta premisa, lo hizo de un modo limitado de consulta exploratoria, ya que por limitaciones prácticas no alcanzó un número representativo de la población ni abarcó a todos los actores sociales que se hubiera deseado. El trabajo mostró que para una mejor elección dentro de las posibilidades futuras de uso del suelo es fundamental considerar un conjunto de criterios que representan las diferentes dimensiones de la sostenibilidad. De lo contrario, se corre el riesgo de que prevalezcan criterios económicos y de corto plazo. Como herramienta facilitadora de estos aspectos, el MCDA mostró ser un método relevante y eficaz para elegir una visión en la gestión territorial, la cual ayuda a abordar problemas sociales y ambientales.

Teniendo en cuenta que en los últimos tiempos se vienen generando cada vez más tensiones en la interfaz campo-ciudad, se considera que este tipo de herramientas podría brindar a los tomadores de decisiones, una forma de encontrar alternativas y/o acuerdos entre diversos grupos sociales permitiendo avanzar hacia una búsqueda conjunta de soluciones en pos de la sustentabilidad del territorio.

Para una mayor posibilidad de aplicación práctica, en futuras investigaciones se sugiere no sólo lo recomendado en cuanto a la participación social, sino también la elección de alternativas más contrastantes y/o criterios que permitan discriminarlas mejor; es decir, que permitan obtener como resultado una alternativa que tenga las mayores fortalezas y menores debilidades.

Referencias bibliográficas

- Adámoli, J. 2006. Problemas ambientales de la agricultura en la región chaqueña En: Brown, A.; MARTINEZ ORTIZ, U.; ACERBI, M.; CORCUERA, J. La situación Ambiental Argentina 2005. Fundación Vida Silvestre, Argentina. pp. 436-441
- ARGENPAPA. 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 the Argentinean pampas. *Journal of Rural Studies*, 53, 88–101. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jrurstud.2017.05.013>.

- 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>
- Baudron, S. (2007). El mundo global y la transformación de las áreas metropolitanas de América latina. En: SVETLITZA DE NEMIROVSKY (Coord.) *Globalización y Agricultura Periurbana en la Argentina. Escenarios, Recorridos y Problemas*. Ed. CLACSO. pp: 41-54
- Bolsa de Cereales. Sitio web: <http://www.bolsadecereales.com/> [accessed: March 2017]
- Brans J.P. y Vincke Ph. (1985). A Preference Ranking Organisation Method: (The PROMETHEE Method for Multiple Criteria Decision-Making). *Management Science*, Vol. 31, No. 6 (Jun., 1985), pp. 647-656
- Cabrini, S.; Cristeche, E.; de Prada, J.; Dupleich, J.; Engler, P. *et al.* (2014). "Percepción sobre el Impacto Ambiental de la Producción Agropecuaria de la Región Pampeana Argentina". Libro de Resúmenes del 1º Congreso Latinoam. sobre Conflictos Ambientales. Oportunidades para una Gestión Sustentable del Territorio.
- UIB, L. de geomática. (2017). Reporte técnico.
- de Prada, J.D.; Degiovanni, A.; Cisneros, J.M.; Galfioni, M.A. y Cantero G. A. (2012). "Diseño y evaluación de propuestas de ordenamiento de territorio: La urbanización sobre tierras rurales" AAEA. XLIII Reunión Anual Asociación Argentina de Economía Agraria.
- de Prada, J.; Degioanni, A.; Cantero, A.; Tello, D.; Gil, H.; Cahe, E.; Cisneros, J.; Becerra, V. y 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 Asoc. Argentina Economía Agraria.
- Fernández Barberis, G. M. (2002). Los Métodos PROMETHEE: una Metodología de Ayuda a la Toma de Decisiones Multicriterio Discretas. Serie Monográfica. Revista Rect.
- Instituto Nacional de Estadística y Censos (INDEC) Censo nacional de Población y Vivienda año 2001 y 2010. [consulta: 20/04/2017] [en línea] http://www.indec.gov.ar/nivel4_default.asp?id_tema_1=2&id_tema_2=41&id_tema_3=135
- INTA. (2002). Cartas de suelos de la República Argentina, Provincia de Buenos Aires. Escala 1:50.000 [En línea] <http://anterior.inta.gob.ar/suelos/cartas/>.
- IPCVA (2017). Instituto de Promoción de la Carne Vacuna Argentina. Sitio Web: <http://www.ipcva.com.ar/> [Consulta: marzo de 2017].
- Kovach, J.; Petzoldt, C.; Degni, J. y 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.
- Maceira, N.; Elverdín, J.; Álvarez, C.; Videla, C.; Zelaya, K. *et al.* (2011). Proceso participativo para el desarrollo de un plan de ordenamiento territorial rural del partido de Balcarce: Memoria Encuentro Nacional de ProFeder: El valor agregado del trabajo conjunto. Ediciones INTA, Buenos Aires, Argentina. 199 p.
- Maceira, N. y 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.M. *et al.* (eds.). *Ordenamiento territorial: conceptos, métodos y experiencias*. FAO, MAGyP . FAUBA, Buenos Aires, Argentina. pp. 432-440. MAGyP.

- Manchado, J. C.; Natinzon, P.; Mosciaro, M. y Tosi, J. C. (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 Argentina de Economía Agraria. Corrientes.
- Manchado, J.C.; Natinzon P.; Auer A. y Murillo N. (2013). Valoración económica y social en la población del partido de Balcarce sobre la pérdida de servicios ecosistémicos. En CD Actas de la XLIV Reunión Anual de la Asociación Argentina de Economía Agraria (AAEA). San Juan.
- Massiris Cabeza, A. (2002). Ordenación del Territorio en América Latina. Scripta Nova. Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales. Universidad de Barcelona. ISSN: 1138-9788. Vol. VI, núm. 125
- Mendoza, G. A., y 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>
- Paruelo, J.M., Guerschman, J.P., Piñeriro, G., Jobbágy, E.G., Verón, S.R., *et al.* (2006). Cambios en el uso de la tierra en Argentina y Uruguay: Marcos conceptuales para su análisis. *Agrociencia*. X (2): 47 – 61.
- Pengue, W. (2004). Producción agroexportadora e (in)seguridad alimentaria: El caso de la soja en Argentina. *Revista Iberoamericana de Economía Ecológica* Vol. 1: 46-55
- Porto-Gonçalves, C.W. (2006). El desafío ambiental. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. México, D. F., México. 153 p.
- SENASA (2017). Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria. Sitio Web: <http://www.senasa.gob.ar/> [accessed: March 2017].
- SIIA (2021). Sistema integrado de Información Agropecuaria. <http://www.sii.gov.ar/apps/siia/buscador/mostrar.php>. [accessed: April 2021].
- United Nations, Convention to Combat Desertification (2017). The Global Land Outlook, first edition. Bonn, Germany.
- United Nations, Department of Economic and Social affairs, Population Division (2014). World Urbanization Prospects: The 2014 Revision, Highlights (ST/ESA/SER.A/352).

CAPÍTULO 6

Elección de alternativa de ordenamiento de cuenca. La visión de los decisores en la Cuenca Arroyo Ají, Córdoba.

Cisneros, J.²⁴; de Prada, J.²⁵; Gil, H.²⁶; Cabe, E.²⁷

Resumen

Conservar el suelo, ordenar la red de desagüe superficial, y mantener/conservar la infraestructura vial constituye un desafío de múltiples actores de la región pampeana. Se requiere: compartir una visión y el liderazgo colaborativo para transitar hacia ella. Este capítulo, aborda el primer requisito y tiene por objetivo ayudar a elegir una visión a partir de un conjunto de alternativas de ordenamiento de una cuenca, y evaluar con los actores el método multicriterio PROMETHEE. El caso se representa en una matriz de decisión que contiene 5 alternativas y 6 criterios de decisión: dos económicos, dos ambientales, y dos

24 Docente del Departamento Ecología Agraria, Facultad de Agronomía y Veterinaria, Universidad Nacional de Río Cuarto. Contacto: jcisneros@ayv.unrc.edu.ar

25 Docente del Departamento de Economía Agraria, Facultad de Agronomía y Veterinaria, Universidad Nacional de Río Cuarto. Contacto: jdeprada@ayv.unrc.edu.ar

26 Docente del Departamento de Economía Agraria, Facultad de Agronomía y Veterinaria, Universidad Nacional de Río Cuarto. Contacto: hgil@ayv.unrc.edu.ar

27 Docente del Departamento de Economía Agraria, Facultad de Agronomía y Veterinaria, Universidad Nacional de Río Cuarto. Contacto: ecahe@ayv.unrc.edu.ar

sociales para la cuenca del arroyo Ají, 73.862 ha, Córdoba, Argentina. La interacción se realiza con 17 participantes que eligen la visión a través de la ponderación de los criterios de decisión en dos talleres. Los participantes: fueron funcionarios del gobierno municipal, representantes y referentes de los productores, del gobierno provincial, de los profesionales y de las instituciones técnicas. Los resultados muestran que la visión, la alternativa III, IV y V elegida por tres, ocho y seis participantes respectivamente requieren de un cambio significativo de comportamiento de los productores y actores con acciones directas en la cuenca. En promedio, los participantes valoran como muy importante el problema elegido, la metodología de trabajo, y la diferencia de roles entre los técnicos (matriz de decisión) y del gobierno o tomador de decisiones. Los participantes consideran que los talleres en general fueron muy apropiados asignando una nota de 9 (de una escala de 10 puntos). Se concluye que el método multicriterio discreto integrando los diseños técnicos y el impacto ambiental, económico y social puede ayudar a elegir una visión compartida en problemas complejos e históricos como la erosión de suelo-inundaciones.

Introducción

Los cambios operados en los últimos 30 años en los sistemas naturales en general y en los agroecosistemas en particular, han impactado de manera diversa, y a diferentes escalas sobre la productividad y estabilidad de las tierras y su capacidad de proveer bienes y servicios en forma sostenida. En Argentina, la expansión e intensificación agrícola (aumento de 10 millones de hectáreas de tierras asignada a cultivos de cosecha e incremento del doble cultivo) y la especialización en cultivos oleaginosos (relaciones soja maíz 3:1 a 15:1) de la agricultura sin prácticas ajustadas a las condiciones del ecosistema han incrementado la vulnerabilidad del mismo.

La expansión agrícola se ha dado sobre ecosistemas caracterizados por una alta fragilidad, inestabilidad y heterogeneidad, tales como el bosque chaqueño, el espinal pampeano, el área medanosa, etc. Fragilidad entendida como baja resistencia a los cambios y baja resiliencia para la recuperación; inestabilidad, en especial climática, con mayor incertidumbre sobre períodos alternantes de años secos y húmedos y heterogeneidad en cuanto a la existencia de patrones ambientales contrastantes en el territorio (Cisneros, 2017).

El Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sustentable (2016) indica que se ha duplicado la superficie con erosión hídrica en los últimos 25 años, mientras que en la provincia de Córdoba el incremento de áreas con esta forma de degradación se incrementó en un 60 %, pasando de 2 a 3,2 MM ha en los últimos 30 años (Cisneros *et al.*, 2015). Particularmente, los efectos de la agriculturización han sido agudos en el sur de Córdoba. Por ejemplo, rupturas estructurales de cuencas, formación de un nuevo arroyo la Paraguaya (2015) con pérdidas irreversibles de parte del ecosistema natural y del agrario, y daños en la infraestructura pública y privada (<https://www.youtube.com/watch?v=9lIskZxmIfY>), que se constituye en un problema de inequidad social en la que los productores agropecuarios son víctimas y victimarios. De hecho, los productores perciben un daño económico muy importante por la pérdida de infraestructura de caminos debido a la erosión (Cristeche, 2009). Además, la erosión hídrica tiene efectos importantes sobre la productividad de las tierras. Este efecto crónico si bien es menos percibido que el daño en la infraestructura en el sur de Córdoba tiene un fuerte impacto económico en el largo plazo (De Prada *et al.*, 1994; De Prada *et al.*, 2005)

Este desajuste estructural y funcional entre la agricultura practicada y la fragilidad del ecosistema se agravará si se mantienen las mismas prácticas e intervenciones en el futuro. Sin embargo, existen resultados promisorios si se estabilizan y establecen estructuralmente las redes de desagües, si se aísla hidrológicamente y rediseña la infraestructura vial y se adoptan cambios en el uso y manejo del suelo, y prácticas de conservación de suelo y agua (Cisneros *et al.*, 2011; De Prada *et al.*, 2013). Por ello, este capítulo muestra como el diseño de alternativas, la identificación y valoración de los criterios y la interacción con los actores sociales puede ayudar a establecer una visión futura consensuada que permita derivar la estrategia, y actuaciones en el ecosistema.

El estudio de caso se desarrolla en la cuenca del Arroyo Ají y aborda el problema de control de la erosión hídrica. Similar a otras cuencas, la erosión tiene efectos directos en la productividad del suelo afectando negativamente y gradualmente la producción agropecuaria, y a su vez genera externalidades negativas como la ruptura de caminos, rutas, e inundaciones en el campo y en la ciudad.

Una de las principales limitaciones para el ordenamiento de las cuencas, es la carencia de alternativas y proyectos de ordenamiento con una visión integrada de la problemática en sus componentes agropecuarios, viales, hidráulicos e institucionales y el desarrollo de consensos que permita ordenar las actuaciones en la cuenca. En este sentido, el Programa de Buenas Prácticas Agropecuarias (BPA, 2017) a escala predial, ofrece un estímulo para la conformación de Consorcios de Conservación de Suelos (Ley 8936), a escala de cuencas, y la Ley Agroforestal, promueve emprendimientos prediales y regionales para mejorar los servicios ecosistémicos, por mencionar algunas de las políticas públicas desarrolladas que estimulan la aplicación de técnicas más allá del predio.

Uno de los aspectos centrales en el ordenamiento territorial es la participación e involucramiento de los decisores en las actividades de diagnóstico, planificación y gestión. La existencia de conflictos de intereses entre diferentes actores de la comunidad es frecuente, siendo los métodos multicriterio una herramienta adecuada para evaluar los costos y beneficios de las diferentes alternativas de ordenamiento. Diversos autores han destacado esta dimensión de la participación de los decisores, y han desarrollado y adaptado metodologías multicriterio con ese propósito (Hostmann *et al.*, 2005; Liu y Stewart, 2004; Marttunen y Suomalainen, 2005; Mendoza y Martins, 2006).

Ir más allá del predio ha sido motivado además por diversas leyes (conservación de suelo, conservación de caminos, consorcios canaleros). En general existe un esfuerzo muy grande de búsqueda de consenso sobre la necesidad de actuación, pero son escasas las experiencias que permiten construir la visión futura de una cuenca ordenada integralmente y ayudar a los actores a alcanzar acuerdos que permitan derivar la estrategia y las actuaciones de cada organización, instituciones y productores en la cuenca.

El objetivo de este capítulo es presentar la evaluación de diferentes alternativas de ordenamiento de una cuenca, con la participación directa de los decisores y analizar cómo éstos valoran el método multicriterio usado.

Materiales y métodos

Área de estudio

La cuenca alta del arroyo Ají tiene sus nacientes en el extremo sur de las Sierras de Comechingones, en donde se dan las últimas áreas de roca aflorantes del pedemonte. Ocupa una superficie de 73.842 ha y está formada por la confluencia de 2 subcuencas principales: arroyo Las Cortaderas hacia el sur y arroyo Zelegua al Norte (Figura 6.1). La cuenca ha sufrido un intenso proceso de especialización agrícola con pobre manejo de suelo y del relieve.

La agriculturización ha agudizado la erosión hídrica en mantos, cárcavas y anarquizado la red de desagüe, conectando cuencas que hasta hace 30 años permanecían aisladas hidrológicamente. La erosión reduce la productividad del suelo y la erosión en cárcavas muestra numerosos focos activos tanto en tierras productivas (se tornan improductivas), caminos (intransitables), y cauces de arroyos que provocan una alta carga de sedimentos en los mismos. El incremento de los escurrimientos junto con los sedimentos colmata áreas de bañados, lagunas, reduciendo la regulación del ciclo hidrológico y en algunos casos los colapsa. Este proceso favorece la conexión (artificial) y afectación de otras cuencas subordinadas hidrológicamente. El efecto más percibido por los productores ha sido la pérdida transitoria de la transitabilidad de caminos de la cuenca alta, por cortes en los cruces de agua, y en las cuencas bajas por cortes y formación de lagunas, o los propios caminos que se constituyen en parte de la red de desagüe (en especial en la subcuenca Suco-Moldes). También, la erosión eólica, en este ambiente de suelos arenosos y clima tendiendo a semiárido, es otro factor de degradación ambiental, que viene incrementando su frecuencia asociado a la intensificación agrícola general de la zona, y a la inclusión del cultivo de maní en las rotaciones.

A modo de prognosis para los próximos 20 años y, si se mantienen las mismas políticas de producción y conservación de los servicios ecosistémicos en la cuenca del Ají, consideramos lo siguiente:

- La erosión de suelo generará sedimentos en el orden de las 21 Millones de Tn, equivalentes a una cobertura de medio metro de sedimento sobre 4200 ha de tierras productivas.
- La pérdida de suelo anual, de 4,3 Tn/ha, estará por encima de la tolerancia de pérdida de suelos, en función de su tasa de formación anual: 1-2 Tn/ha, Walter y Stützel (2009).

El arroyo Ají cruza en dos sitios las rutas Nacionales 8 y 7, en esta última se han producido dos cortes en los últimos 15 años, por lo que es de esperar una frecuencia similar o mayor para los próximos 20 años.

Aumento de la frecuencia de inundación y/o elevación de napas en el casco urbano de Vicuña Mackenna. Las crecientes del arroyo ponen en riesgo la localidad de Vicuña Mackenna (segunda ciudad del Departamento Río Cuarto, con 10.400 habitantes), la cual sufrió dos eventos en los últimos 20 años, inéditos antes de que se estableciera el cauce actual. Por otra parte, el cauce ha contribuido al ascenso de napas en la localidad, fenómeno que verá incrementada su frecuencia en los próximos años.

Aumento de los caudales por integración de cuencas. Todos estos procesos se verán acelerados en el futuro, debido a que una nueva cuenca se ha integrado al cauce del arroyo Ají, desde el

año 2016. Se trata de la cuenca del Arroyo Chaján, vecina al Ají hacia el Oeste, que ha conectado su cauce en forma permanente (Corigliano *et al.*, 2018).

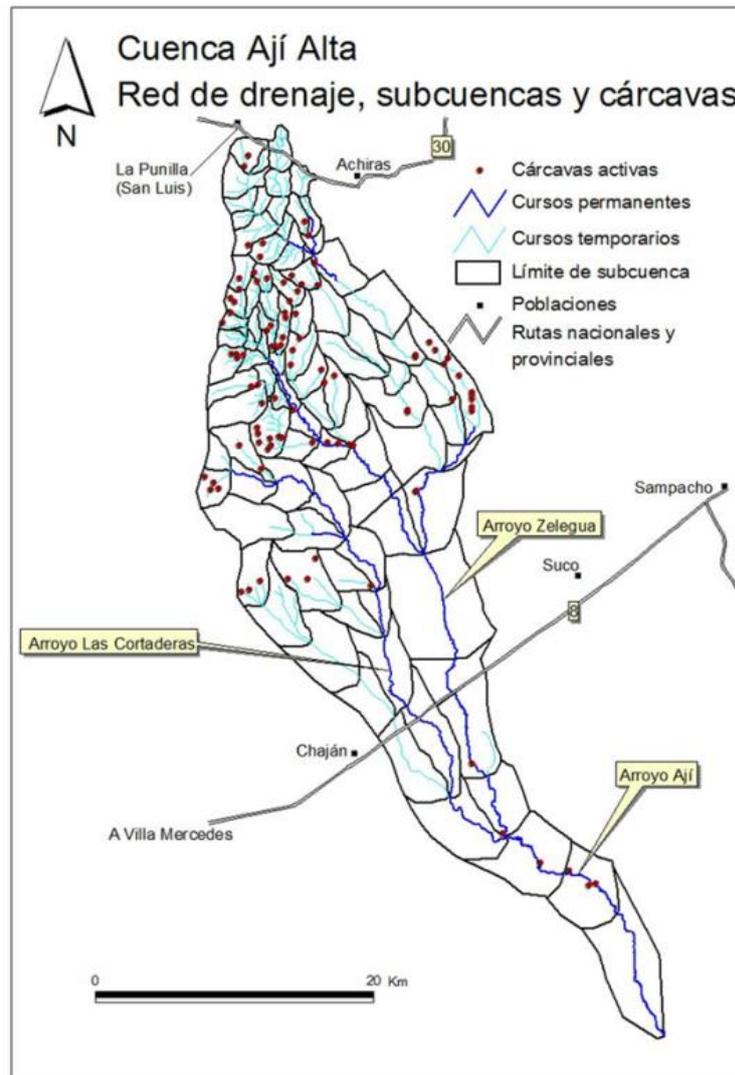


Figura 6.1. Red de drenaje, subcuencas y puntos críticos de erosión de la cuenca Ají Alta. Fuente: Cisneros (2010)

Alternativas y criterios

Las alternativas y criterios cuantificados fueron tomados de Cisneros (2010). Las alternativas fueron reducidas a cinco (5) y los criterios a seis (6) para facilitar la interacción con los tomadores de decisiones. La matriz de decisión se muestra en la Tabla 6.1, (para mayores detalles, ver Cisneros, 2010). La primera alternativa, o Tendencial, toma la prognosis (A_I) y las otras cuatro (4) alternativas (A_II a A_V) fueron diseñadas para controlar el problema de erosión. Se detallan brevemente a continuación:

A_I: Tendencial o prognosis mantiene las mismas políticas que las históricas, se incrementa la especialización agrícola; consecuentemente, aumenta la pérdida de agua en el establecimiento agropecuario, se agudizan los efectos sobre la erosión de suelo y el daño en la infraestructura vial, y urbana.

A_II: ASP: (agrosilvopastoril) uso agrícola, ganadero y forestal, los productores adoptan sistemas silvopastoriles en un 20 % de la superficie, en el resto se incluyen pasturas permanentes en rotación con cultivos agrícolas. No se incluyen obras de ordenamiento de cuencas ni técnicas de conservación de suelos a escala predial.

A_III: ASP más conservación de suelo (CS) más ordenamiento hidrológico (OH). Los productores adoptan prácticas agrosilvopastoriles y prácticas de conservación de suelo y agua en sus campos. En la cuenca, se ordena la red de desagüe y controla la erosión en cárcavas y surcos, y la erosión de cauces de los arroyos.

A_IV: Uso predominantemente agrícola (similar al actual) más conservación de suelo y más ordenamiento hidrológico. Los productores adoptan prácticas de conservación de suelo y agua en sus campos. En la cuenca, se ordena la red de desagüe y se controlan los focos de erosión en cárcavas, surcos, y en los márgenes de los cauces. Se incluyen además una serie de reguladores de escurrimiento (microembalses) para control de caudales pico.

A_V: Uso intensivo agrícola más conservación de suelo y ordenamiento hídrico. Los productores incrementan la especialización del sistema de producción hacia la agricultura de oleaginosas. Los productores adoptan prácticas de conservación de suelo y agua en sus campos. En la cuenca, se ordena la red de desagüe y se controlan los focos de erosión en cárcavas, surcos, y la erosión en márgenes de cauces. Se incluye además el mismo esquema de reguladores de escurrimiento que en A_IV.

Los criterios parametrizados son los siguientes:

Criterios económicos

1) **Inversiones en conservación de suelo y ordenamiento hídrico, \$c.** Representa el esfuerzo de inversión pública y privada para llevar adelante cada una de las alternativas. Las inversiones públicas tienen que ver con las obras de infraestructura, como canales empastados, reguladores de escurrimiento, obras de control de cabeceras de cárcava y mantenimiento de caminos rurales. La inversión privada considera la implantación de forestación, sistematización en base a terrazas y obras menores en los predios.

2) **Beneficios netos \$c/año.** Representa el beneficio privado obtenido por el productor, de acuerdo al sistema de rotación de cultivos utilizado, considerando rendimientos promedio y precios constantes a 2017. Se considera que los lotes sistematizados y rotados con gramíneas tienen un plus de productividad del 5 %.

Criterios ambientales

3) **Servicios ecosistémicos de conservación (SEC), % del área total.** Para la cuantificación de este criterio se consideró que toda superficie que cambia de uso agrícola a uso ganadero, forestal o de regulación hídrica, es capaz de brindar más y mejores servicios ecosistémicos a la cuenca: mayor protección de suelos, mejor regulación del ciclo hidrológico, mayor biodiversidad, menor contaminación de aguas, entre otros.

4) **Caudal pico, m³/s.** El caudal máximo o pico de la cuenca se considera un indicador de su funcionamiento, tanto en la captación del agua para la producción agropecuaria, como en la posibilidad de daños en la infraestructura y riesgos de inundación de las poblaciones ubicadas

en el curso medio y bajo del arroyo. La modelación hidrológica se basó en el método de la Curva Número del USDA utilizando el programa HEC-HMS (más detalles en Cisneros, 2010).

Criterios sociales

5) **Empleo generado.** Da cuenta de la cantidad de puestos de trabajo que genera cada una de las alternativas, tomando en cuenta todas las nuevas actividades y rubros de producción asociadas, tanto a los cambios de uso del suelo, como a las obras de infraestructura a nivel predial y de cuenca.

6) **Esfuerzo político institucional.** Este es un criterio expresado en forma cualitativa en una escala desde Muy bajo a Muy alto, y pretende capturar la magnitud del esfuerzo, tanto privado como público, para llevar adelante las diferentes alternativas para la cuenca. Obviamente, cuanto más complejas son las acciones, cuanto mayor es la inversión y el cambio cultural que significa el cuidado del suelo, mayor será el esfuerzo político e institucional para llevarlos adelante.

Matriz de decisión

La matriz de decisión en métodos multicriterio, determina la síntesis del contraste entre las diferentes alternativas, valoradas a través de los criterios. En la Tabla 6.1 se muestran los resultados de la matriz desarrollada para el Arroyo Ají.

Tabla 6.1. Matriz de decisión Alternativas de caso cuenca del arroyo Ají, Visión año 2040

	INV	BEN	SEC	QPI	Empleo	EPI
Alternativas	Millones \$c	Millones \$c/año	% área	m ³ /s	Puestos	(ad.)
Tendencial INTENSIVO	28	212	13	626	830	1
ASP	179	160	45	382	1.915	4
ASP+CS+OH	245	166	45	103	1.928	5
ACTUAL+CS+OH	88	196	30	160	889	2
INTENSIVO+CS+OH	117	222	13	198	843	3
Objetivo	máx.	máx.	min	min	min	máx.
Preferencia	V lineal	V lineal	Usual	V lineal	V lineal	Usual
Ponderador	¿?	¿?	¿?	¿?	¿?	¿?
Rango	216,86	62,24	32	522,6	1098	4
Umbral indiferencia	22	6	3	52	110	0
Umbral preferencia absoluta	195	56	29	470	988	4

Nota: ¿? Ponderación realizada por los participantes con una escala 0 a 10; 0, elimina el criterio y de 1 a 10 de baja importancia a muy importante. ASP=uso del suelo: agro-silvo-pastoril, OH=ordenamiento hidrológico de la cuenca,

ACTUAL= uso de suelo agrícola ganadero, CS=conservación de suelos, INTENSIVO= uso del suelo intensivo. INV= inversión en conservación de suelo, forestal y ordenamiento hídrico, BEN=beneficios ingresos – costos directos de las actividades agrarias, SEC= servicios ecosistémicos (% del área total), QPI=caudal pico, EMP=empleo (número de puestos de trabajo), EPI=esfuerzo político-institucional (adimensional); \$c: precios constantes a diciembre de 2017.

Para la evaluación de alternativas, se utilizó el método multicriterio discreto PROMETHEE (Brans y Vincke, 1985; Brans *et al.*, 1986). Básicamente, este método permite al tomador de decisiones: a) seleccionar las funciones de preferencia, b) la dirección del objetivo, c) el valor del ponderador de cada criterio en función de la importancia (puede eliminar criterios) y d) determinar los umbrales de preferencia e indiferencia. Sin embargo, debido a la modalidad de Taller usada y las restricciones de tiempo solamente se relevó la dirección del objetivo y el valor de importancia asignada a cada criterio. Las funciones de preferencias y los umbrales fueron establecidos por defecto y posteriormente se realizó un análisis de sensibilidad para estos últimos.

El Taller para indagar las preferencias de los decisores constó de tres etapas: a) exposición del problema, análisis y comprensión de la matriz de decisión, b) relevamiento de las preferencias de los decisores (ponderación de criterios) y retroalimentación con el resultado individual obtenido del *ranking* de alternativas y, c) evaluación del método: utilidad, comprensión, comunicación, etc. (De Prada *et al.*, 2018).

En este caso, se realizaron dos talleres:

1. Con las autoridades políticas municipales de la localidad de Vicuña Mackenna, debido a que uno de los principales damnificados por inundación y daños en infraestructura rural y urbana de la cuenca del arroyo Ají es de este municipio. No obstante, es importante destacar que el Municipio no tiene competencia jurídica en la zona rural, por lo tanto, el Taller los involucra en una decisión ajena a su jurisdicción. En el Taller participaron los Secretarios de Gobierno, Secretario de Obras Públicas, Secretario Legal y Técnico y el Secretario de Hacienda y un técnico de obras públicas.
2. Con el Consejo Regional de Conservación de Suelos del Departamento Río Cuarto (CRCSRC). El CRCSRC es una estructura asesora del Ministerio de Agricultura y Ganadería de la Provincia de Córdoba en el desarrollo y difusión de iniciativas para la aplicación de las leyes de suelo. El CRCSRC está integrado por instituciones científicas técnicas (INTA y UNRC) y organizaciones de productores (CREA, Sociedad Rural de Río Cuarto, Federación Agraria Argentina, técnicos del ámbito privado, AAPRESID, Consorcios de Conservación de suelos, y técnicos del Ministerio de Agricultura y Ganadería). En el Taller participaron un representante del Ministerio de Agricultura y Ganadería, el delegado de la Secretaría de Ambiente y Cambio Climático del Ministerio de Agua, Ambiente y Servicios Públicos provincial, presidentes y miembros de Consorcios de Conservación de Suelos de la zona, representante de los técnicos de CREA, Agentes de extensión del INTA – General Cabrera y Río Cuarto, un representante de la Municipalidad de Adelia

María, un representante de la Sociedad Rural Río Cuarto, y técnicos privados en conservación de suelo.

Resultados y discusión

Como puede apreciarse en la matriz de decisión (Tabla 6.1), las alternativas para ordenar la cuenca del arroyo Ají son competitivas, mostrando conflictos entre criterios y fuerte contraste en sus valores. Por ejemplo, en la A_I se realizan inversiones mínimas en conservación y ordenamiento hídrico (\$28 MM), mientras que éstas ascienden a \$245 MM en la A_III. Por otra parte, la externalidad inferida a través del daño potencial del caudal pico es seis veces mayor en PI que el valor de esta variable en la A_III (626 m³/s versus 103 m³/s). En forma similar se comporta el empleo: la A_I genera alrededor de 830 puestos de trabajo mientras que la A_III duplica este valor. Esto permite que los participantes puedan jugar un rol importante en la selección de la/s alternativas. A continuación, se describen y discuten los resultados de los talleres.

Análisis de la matriz de decisión: dirección de los objetivos.

La dirección esperada de los objetivos (maximizar o minimizar) es la explícita en la matriz de decisión (Tabla 6.1), mientras que la relevada con los decisores en el Taller, se muestra en la Tabla 6.2. De los participantes, la mayoría identifica la dirección de los objetivos de acuerdo a lo esperado. De hecho, nueve de los diecisiete participantes eligen todos los objetivos de acuerdo a lo esperado y tres participantes eligen cinco objetivos de los seis de acuerdo a lo esperado. En tanto, una minoría de cinco participantes ha elegido dos o más de dos objetivos en forma diferente a lo esperado.

En relación a los criterios, hay tres de ellos cuyos objetivos han sido apropiadamente seleccionados y dos que presentan ciertas dificultades. En la dimensión económica, el criterio beneficio económico (BEN) fue consistente en su valoración por todos los participantes (maximizar). En la dimensión ambiental, el criterio caudal pico (QPI) fue considerado a minimizar por 16 de los 17 participantes. Los resultados aquí muestran que estos dos criterios han sido claramente interpretados por la amplia mayoría de los participantes. El único criterio sobre el que no es posible identificar dificultades en esta matriz de decisión es la generación de empleo (EMP); de hecho, tres participantes eligen como objetivo minimizar y catorce maximizar la generación de empleo. Ambas posturas pueden ser consideradas apropiadas. De hecho, de los participantes que eligen minimizar el empleo, uno lo justifica diciendo *“que la agricultura debe tecnificarse y los empleos deben generarse en la ciudad o en el pueblo”*.

En contraste, hay dificultades con la interpretación de tres criterios: INV, SEC y EPI. Al criterio inversiones (INV) cuatro participantes de diecisiete proponen maximizarlo. En tanto, al criterio servicios ecosistémicos (SEC) seis de diecisiete participantes proponen minimizarlo. Sobre el esfuerzo político institucional (EPI) cinco de diecisiete participantes proponen maximizarlo. Estas inconsistencias se deben posiblemente a que la explicación de los criterios no fue suficientemente clara para esta minoría de participantes. Especulamos, que hay participantes que desean más inversiones en el medio rural o que la política dedique más esfuerzos de gestión, y por lo tanto, suponen que deben maximizar estos criterios. En cuanto a la minimización de servicios ambientales, no está clara la motivación de los participantes para mostrar esta tendencia, la cual se asocia a una valoración negativa de la pérdida de superficies para el uso agrícola.

Tabla 6.2. Dirección de los objetivos asignados por participantes en dos talleres sobre ordenamiento territorial en la cuenca Arroyo Ají.

ID	INV	BEN	SEC	QPI	EMP	EPI	Observaciones
1	Min	Max	Max	Min	Max	Min	(1)
2	Min	Max	Max	Min	Max	Min	(1)
3	Max	Max	Max	min	Max	Min	(2)
4	Min	Max	Max	Min	Min	Min	(1)
5	Max	Max	Min	Min	Max	Max	(3)
6	Min	Max	Min	Min	Max	Min	(2)
7	Min	Max	Max	Min	Max	Min	(1)
8	Min	Max	Max	Min	Max	Min	(1)
9	Min	Max	Max	Min	Max	Min	(1)
10	Min	Max	Max	Min	Max	Min	(1)
11	Max	Max	Min	Max	Min	Max	(3)
12	Min	Max	Max	Min	Max	Min	(1)
13	Min	Max	Max	Min	Max	Max	(2)
14	Min	Max	Min	Min	Max	Max	(3)
15	Min	Max	Min	Min	Max	Min	(2)
16	Min	Max	Max	Min	Max	Min	(1)
17	Max	Max	Min	Min	Min	Max	(3)

Nota: ID: Participante, INV= inversión en conservación de suelo, forestal y ordenamiento hídrico, BEN=beneficios ingresos – costos directos de las actividades agrarias, SEC= servicios ecosistémicos (% del área total), QPI=caudal pico, EMP=empleo (número de puestos de trabajo), EPI=esfuerzo político-institucional (adimensional) (1) dirección de los objetivos acorde con lo esperado; (2) dirección de los objetivos acorde con lo esperado con una excepción; (3) la dirección de varios objetivos difiere de los esperado.

Relevamiento de las preferencias por criterio. Ponderación

El nivel de importancia asignada a los criterios muestra que los participantes ponderan las tres dimensiones del desarrollo sostenible. El peso asignado en promedio varió entre un mínimo de 4,6 y un máximo de 7,9 (y la moda 3 y 10) entre los criterios EPI-*Esfuerzo político institucional* y QPI-*Caudal pico* respectivamente. Además de la ponderación alta de QPI, el peso asignado al criterio *Beneficio económico* (promedio de 7,6 también lo muestra entre los más importante y con menor dispersión CV=20%. El EPI fue el criterio menos importante en términos de ponderación, nueve de los diecisiete participantes han dado una ponderación menor que cinco y también el que muestra mayor dispersión. En tanto, los criterios inversiones, servicios ecosistémicos y generación de empleo toman valores intermedios.

Tabla 6.3. Nivel de importancia asignada a los criterios por participante

Id.	INV	BEN	SEC	QPI	EMP	EPI
	Pond. 0 – 10	Pond. 0 - 10	Pond. 0 - 10	Pond. 0 – 10	Pond. 0 - 10	Pond. 0 - 10
1	9	6	10	5	10	7
2	2	8	8	10	10	3
3	8	8	10	10	7	4
4	5	10	10	10	5	6
5	5	10	7	10	2	5
6	10	8	7	10	7	3
7	2	8	7	5	9	2
8	8	8	5	7	5	2
9	10	8	5	8	9	9
10	3	4	7	3	5	3
11	8	7	7	8	7	7
12	5	5	7	7	7	5
13	7	9	5	6	5	2
14	8	8	2	10	6	8
15	6	6	8	10	3	3
16	8	8	5	7	5	2
17	8	9	5	8	8	7
Promedio	6,6	7,6	6,8	7,9	6,5	4,6
Moda	8	8	7	10	5	3
Desvío estándar	2,41	1,53	2,01	2,08	2,16	2,21
CV %	37%	20%	30%	26%	33%	48%

Nota: ID: Participante, INV= inversión en conservación de suelo, forestal y ordenamiento hídrico, BEN=beneficios ingresos – costos directos de las actividades agrarias, SEC= servicios ecosistémicos (% del área total), QPI=caudal pico, EMP=empleo (número de puestos de trabajo), EPI=esfuerzo político-institucional (adimensional) (1) dirección de los objetivos acorde con lo esperado; (2) dirección de los objetivos acorde con lo esperado con una excepción; (3) la dirección de varios objetivos difiere de los esperado. Fuente: Elaboración propia

Alternativa elegida

Con los objetivos y la ponderación establecida por los participantes, el *ranking* de las alternativas fue estimado para cada participante. La elección de las alternativas muestra un margen muy importante para los decisores políticos. La selección individual se muestra en el Anexo de este capítulo y en la Tabla 6.4, se muestra la frecuencia de las alternativas elegidas. Las tres alternativas más elegidas fueron: la Alternativa V, IV y la III (ver el valor *neto* en la primera columna).

De todos modos, puede apreciarse que los resultados agregados muestran diferencias entre las alternativas con más fortalezas y con menos debilidades. De hecho, la alternativa III es la que presenta más fortaleza para siete participantes, seguida por la alternativa I que aparece como la mejor alternativa para cinco participantes y en tercer lugar aparecen las alternativas II y V que fueron elegidas por dos participantes, y completa el cuadro la Alternativa IV, elegida por un participante. En contraste, cuando se observa las debilidades, la alternativa IV aparece como la más elegida (8 participantes), seguida por la Alternativa V y Alternativa III (6 y 3 participantes respectivamente).

Estos resultados muestran el potencial del método y la importancia de los tomadores de decisiones en la selección de la alternativa. De hecho, solamente cuatro participantes alcanzan un resultado satisfactorio desde el punto de vista metodológico con la información provista. Satisfactorio se refiere a que la alternativa elegida por el participante tiene más fortalezas y menos debilidades (ver detalles en el anexo de este capítulo) y el análisis de sensibilidad de los umbrales de preferencia absoluta e indiferencia no modifica la elección. En los otros participantes aparecen algunas inconsistencias entre la información provista, las preferencias o la alternativa elegida difiere con los umbrales de preferencia e indiferencia absoluta. Desde el punto de vista metodológico, este resultado requiere de mayor trabajo con los tomadores de decisiones para dilucidar cuál alternativa mejor satisface sus preferencias o rediseño de las alternativas usando la información entre aquellas que compiten.

Tabla 6.4. Frecuencias de participantes por alternativa elegida

	Neto	Fortaleza	Debilidad
	Nº participantes	Nº participantes	Nº participantes
A_I: Tendencial	0	5	0
A_II: ASP	1	2	0
A_III: ASP+CS+OH	3	7	3
A_IV: ACTUAL+CS+OH	6	1	8
A_V: INTENSIVO+CS+OH	7	2	6
Participantes totales	17	17	17

Fuente: Elaboración propia

Evaluación del taller

Finalmente, a los participantes se les solicitó que evaluaran el taller y la metodología. Los resultados de la evaluación individual se muestran en la Tabla 6.5. Los participantes que evaluaron el taller fueron 14 de los 17 y su valoración fue muy buena. De los 14, algunos no completaron la hoja reversa de la evaluación y por eso las preguntas 5, 6 y 7 tienen menos respuestas válidas.

Las respuestas a las preguntas 1 a 6 fueron entre buena y muy buena. En estas preguntas, usando una escala de 1 a 5, los participantes asignan una valoración promedio entre cuatro y cuatro con setenta y uno. Particularmente, en cuanto a la pregunta 5, que solicita si queda claro la separación de roles (entre los profesionales que diseñan las alternativas y el rol de la política vinculado a la decisión), los participantes consideran que fue claramente expuesto y que es muy importante la diferenciación (Pregunta 6). La nota general del taller que integra material provisto, presentación, resultados, metodología, fue de 9 puntos en una escala de 1

a 10 y el coeficiente de variación muy bajo alrededor de 10%. Por ello, la metodología usada para ayudar en las decisiones estructurales como la elección de una alternativa de ordenamiento de territorio se considera como muy apropiada para los potenciales usuarios.

Tabla 6.5. Evaluación del taller: estadísticas por pregunta

	Escala de medida 1 a 5						Escala 1 a 10
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7
Promedio	4,50	4,71	4,00	4,46	4,38	4,69	9,00
Desvío estándar	0,52	0,47	0,39	0,52	0,51	0,48	0,85
CV (%)	12	10	10	12	12	10	9
Moda	5	5	4	4	4	5	8
Respuestas válidas	14	14	14	13	13	13	12

Nota: P1:= claridad de la exposición; P2:= importancia del problema; P3:= metodología de trabajo; P4:= claridad del material entregado (mapa-datos-ejercicio releva preferencia); P5:= diferencia entre los roles: técnico y político; P6:= importancia de diferenciar los roles; P7:= nota del taller (escala 1 no satisfactorio a 10 excelente). Fuente: Elaboración propia.

Conclusiones

En este capítulo, partiendo de una matriz de decisión de cinco alternativas de ordenamiento de cuenca valoradas con seis criterios se interactúa con potenciales tomadores de decisiones para evaluar la metodología multicriterio discreta desarrollada e indagar las preferencias de los participantes. La interacción consistió en dos Talleres (encuentro de 2,5hs a 3hs) con la participación voluntaria de potenciales tomadores de decisiones: cuatro secretarios de la Municipalidad de Vicuña Mackenna en el primer taller, que representan la población urbana con riesgo de afectación por las inundaciones de la cuenca del arroyo Ají, y en el segundo taller trece miembros del Consejo Regional de Conservación de Suelo del departamento de Río Cuarto. Durante el Taller, se realiza la presentación del caso, se relevan las preferencias, se muestran los resultados por individuos y se solicita la evaluación.

A pesar del corto periodo de interacción con los potenciales tomadores de decisiones, los resultados muestran a la metodología en general como muy apropiada y promisoria en términos de sostenibilidad. De hecho, la mayoría de los participantes se han mostrado muy conformes con el resultado obtenido individualmente en el Taller. Además, los participantes reconocen la dificultad del tomador de decisiones para ordenar una cuenca. Los resultados muestran que en ámbito de decisiones públicas como el creado en el Taller, los participantes orientan sus ponderaciones valorando la sostenibilidad.

Aunque los resultados son promisorios, el lector debe considerar algunas limitaciones. En primer lugar, el trabajo con los tomadores de decisiones debe estar más en línea con

interacciones durante el diagnóstico y diseño de alternativas para que los criterios usados sean consistentes y fáciles de comprender por el tomador de decisiones. En segundo lugar, existen conceptos en el umbral de indiferencia y de preferencia absoluta que no fueron trabajados con los participantes. Esta omisión se realizó por la dificultad de comunicar en corto período de tiempo varios conceptos nuevos para los participantes: las alternativas, los criterios, funciones de preferencias, nivel de importancia y los umbrales. Estos últimos fueron asumidos y se realizó un análisis de sensibilidad. Por ello, para aplicar esta metodología es conveniente trabajar las funciones de preferencia y los umbrales previamente con los tomadores de decisiones. A pesar de estas limitaciones la metodología en general se muestra muy promisoría para la ayuda a la toma de decisiones públicas de alta complejidad como las de ordenar una cuenca con problemas de erosión hídrica.

Referencias bibliográficas

- Brans, J.-P., y Vincke, P. (1985). "Note—A Preference Ranking Organization Method: (The PROMETHEE Method for Multiple Criteria Decision-Making)". *Management science* 31:647-656.
- Brans, J.-P.; Vincke, P., y Mareschal, B. (1986). "How to select and how to rank projects: The PROMETHEE method". *European Journal of Operational Research* 24:228-238.
- Cisneros, J.M. (2010). "Bases para el ordenamiento territorial del sur de Córdoba (Argentina). El caso de la cuenca de los arroyos menores", Universidad Politécnica de Madrid, España. http://oa.upm.es/66178/1/JOSE_MANUEL_CISNEROS_IRAOLA.pdf
- Cisneros, J.M. (2017). "Uso y degradación de cuencas ¿Qué nos quiere decir la naturaleza?", p. 46-54, In BARBOSA, O. A. y COLAZ, eds. *Memoria: V Reunión de la Red Argentina de Salinidad (RAS y AACCS, Villa Mercedes, San Luis)*.
- Cisneros, J.M.; Grau, J.B.; Anton, J.M.; de Prada, J.D.; Cantero Gutierrez, A., y Degioanni, A.J. (2011). "Assessing multi-criteria approaches with environmental, economic and social attributes, weights and procedures: a case study in the Pampas, Argentina". *Agricultural Water Management* 98:1545-1556.
- Cristeche, E.R. (2009). "Valoración económica de los efectos externos de la erosión hídrica sobre la infraestructura de caminos rurales en el sur de la provincia de Córdoba, Argentina". *Master of Science, Universidad de Buenos Aires, Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina*.
- de Prada, J.; Boretto, J.; Ferrando, M.; García, A.; Olmos, J., y Marcelo, S. (1994). "Proyecto de conservación y ordenamiento de tierras - General Deheza, Córdoba, Argentina.". *Master of Art, Universidad Nacional de Córdoba, Córdoba*.
- de Prada, J.D.; Bravo-Ureta, B., y Shah, F.A. (2005). "El costo de la erosión de suelo para los productores agropecuarios en el sur de Córdoba, Argentina". *Revista Argentina de Economía Agraria* VIII:4-21.
- de Prada, J.D.; Cristeche, E.R.; Cisneros, J.M., y Cantero G., A. (2013). "Análisis beneficio costo de la conservación de suelo dentro y fuera del establecimiento agropecuario: Aplicación a la cuenca La Colacha, provincia de Córdoba, Argentina.", p. 223-241, In GIAYETTO, O., *et al.*, eds. *Bases para el ordenamiento del territorio en el medio rural: Tres cuencas pilotos. Región Centro Argentina*. Universidad Nacional de Río Cuarto, Universidad Nacional de Entre Ríos, Universidad Nacional del Litoral y Universidad Nacional de Rosario., Río Cuarto, Córdoba, Argentina.

- de Prada, J.D.; Degioanni, A.; Cisneros, J.M.; Cantero G., A.; Gil, H.A.; Tello, D.; Becerra, V.; Pereyra, C.I., y Giayetto, O. (2018). "Planificación del territorio: Elección del patrón de urbanización. El caso de la ciudad de Río Cuarto, Córdoba, Argentina". *Revista de Métodos Cuantitativos para la Economía y la Empresa*. 26:25-51.
- Hostmann, M.; Bernauer, T.; Mosler, H.J.; Reichert, P., y Truffer, B. (2005). "Multi-attribute value theory as a framework for conflict resolution in river rehabilitation". *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis* 13:91-102.
- Liu, D., y Stewart, T.J. (2004). "Object-oriented decision support system modelling for multicriteria decision making in natural resource management". *Computers & Operations Research* 31:985-999.
- Marttunen, M., y Suomalainen, M. (2005). "Participatory and multiobjective development of watercourse regulation—creation of regulation alternatives from stakeholders' preferences". *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis* 13:29-49.
- MAYDS. (2016). "Informe del estado del ambiente 2016" 434 pág. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, CABA, Argentina.
- Mendoza, G.A., y Martins, H. (2006). Multi-criteria decision analysis in natural resource management: A critical review of methods and new modelling paradigms. *Forest Ecology and Management* 230:1-22.
- Walter, C., y Stützel, H. (2009). A new method for assessing the sustainability of land-use systems (II): Evaluating impact indicators. *Ecological Economics* 68:1288-1300.

Anexo Capítulo 6

Tabla 6.6. Alternativa elegida por participante

Id.	Umbral preferencia e indiferencia: 90% y 10%			Umbral preferencia e indiferencia: 70% y 30%			Observaciones
	Neto	Fortaleza	Debilidad	Neto	Fortaleza	Debilidad	
1	IV	II	IV	IV	II	IV	-2
2	III	III	III	III	III	IV	-3
3	III	III	III	III	III	III	-1
4	IV	IV	IV	IV	IV	IV	-1
5	V	V	V	V	V	V	-1
6	V	I	V	V	I	V	-2
7	III	III	III	III	III	IV	-3
8	IV	I	IV	IV	I	IV	-2
9	IV	I	IV	IV	I	IV	-2
10	II	II	IV	II	III	IV	-3
11	V	I	V	V	I	V	-2
12	IV	III	IV	IV	III	IV	-2
13	V	III	IV	IV	III	IV	-3
14	V	III	V	V	III	V	-2
15	V	V	V	V	I	V	-3
16	IV	I	IV	IV	I	IV	-2
17	V	V	V	V	V	V	-1

Nota: (1) los pesos asignados permiten elegir una alternativa; (2) los pesos asignados no permiten elegir una alternativa: la mejor alternativa de fortalezas es distinta a la de debilidades; y (3) el peso asignado no permite elegir una alternativa: los umbrales modifican la alternativa elegida. Fuente: Elaboración propia

Tabla 6.7 Análisis de sensibilidad de las preferencias

Alternativas	Umbral Preferencia e indiferencia: 90% y 10%			Umbral Preferencia e indiferencia: 70% y 30%		
	Neto	Fortaleza	Debilidad	Neto	Fortaleza	Debilidad
I. Tendencial	0	5	0	0	6	0
II. ASP	1	2	0	0	1	0
III. ASP+CS+OH	3	7	3	3	7	1
IV. ACTUAL+CS+OH	7	1	9	8	2	11
V. INTENSIVO+CS+OH	7	3	6	6	2	6

CAPÍTULO 7

Evaluación ex-ante de alternativas productivas para el partido de Pergamino, Buenos Aires

Bitar, M.V.²⁸; Cabrini, S.M.²⁹

Resumen

Los modelos de decisiones multicriterio son herramientas formales en la búsqueda de agroecosistemas sostenibles. Este enfoque es consistente con la noción de multifuncional de la agricultura ya que permite evaluar el desempeño de formas alternativas de producción, considerando varios atributos económicos, sociales y ambientales. Este capítulo presenta una aplicación del método multicriterio discreto PROMETHEE para la evaluación ex-ante de sistemas alternativos para la producción agropecuaria en el partido de Pergamino, norte de Buenos Aires, zona núcleo agrícola de Argentina. Se analizan cuatro alternativas productivas: 1. monocultivo de soja, como referencia de los sistemas simplificados presentes en la zona, 2. rotación agrícola con alta proporción del suelo cubierto durante el período invernal con doble cultivos/cultivos de cobertura, 3. sistema mixto con una rotación agrícola – ganadera y 4. sistema de producción orgánica. Se comparan los cuatro sistemas en términos de un conjunto de atributos.

28 Becaria investigadora en UNNOBA. Contacto: bitar.maria@inta.gob.ar

29 Investigadora Estación Experimental Agropecuaria Pergamino Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria y Docente UNNOBA. Contacto: cabrini.silvina@inta.gob.ar

Introducción

Los crecientes reclamos por una transformación de los sistemas agropecuarios actuales se basan en la aspiración de que estos sistemas generen suficiente alimento de calidad al que puedan acceder todas las personas, con bajo impacto sobre el medio ambiente, realizando contribuciones positivas sociales y culturales (Pretty *et al.*, 2018). El enfoque de intensificación sustentable propone explorar las sinergias entre producción y sustentabilidad. La intensificación sustentable se define como el incremento de la producción a partir de los mismos recursos, al tiempo que se reducen los efectos negativos para el medio ambiente y se aumenta la contribución al capital natural y el flujo de servicios ambientales (Godfray *et al.*, 2010; FAO, 2011; Pretty *et al.*, 2011).

Los sistemas productivos actuales son fundamentalmente cuestionados a nivel mundial por los impactos ambientales que causan. Estos impactos incluyen principalmente la pérdida de la capacidad productiva de los suelos, la pérdida de biodiversidad, las emisiones de gases de efecto invernadero, los desbalances de nutrientes (principalmente fósforo y nitrógeno), y los riesgos de contaminación por pesticidas (Pretty *et al.*, 2018; Rockstrom *et al.*, 2017). Las propuestas de transformación para disminuir estos efectos negativos, aumentando el valor de la producción son de sumo interés para toda la sociedad.

La intensificación sustentable en la región pampeana argentina

Las condiciones favorables de suelo y clima para el crecimiento de los cultivos y la predisposición de los productores para incorporar nuevas tecnologías hacen que la región Pampeana Argentina sea una de las más importantes del mundo para la producción de alimentos. Adoptar trayectorias de intensificación sustentable aparece como un objetivo ineludible en particular en países como Argentina, en los que el sector agroindustrial es un componente clave de la actividad económica y participante importante del comercio internacional.

En la región pampeana, desde la década del '80, se ha dado una rápida expansión de la agricultura, con un importante avance de la soja sobre el resto de los cultivos (Viggliozzo, 2011; Satorre, 2005). Actualmente, la soja es el principal cultivo en las rotaciones o el único que prevalece en monocultivo. Si bien los productores eligen el cultivo de soja por su simplicidad de manejo y la alta tasa de retorno económico, existe una preocupación creciente sobre las consecuencias negativas del monocultivo de soja, como el deterioro de los suelos y el aumento de las malezas resistentes a herbicidas. Estas son algunas de las razones que promovieron el interés por intensificar y diversificar las rotaciones de cultivos, tanto de parte de los productores como desde los ambientes académicos (Caviglia y Andrade, 2010; Andrade *et al.*, 2017). Los cambios en el uso de la tierra y la combinación de actividades en busca de complementariedad y sinergias aparecen como aspectos claves en las propuestas de intensificación sostenible para la región pampeana.

Las secuencias de cultivos más diversas y con niveles de uso de los recursos naturales más intensivos se proponen para mitigar las preocupaciones ambientales relacionadas con la simplificación agrícola y los monocultivos. Las publicaciones recientes se centran en los impactos agronómicos de aumentar la frecuencia de cultivos dobles (Andrade *et al.*, 2015, 2017). Estos estudios hacen énfasis en la eficiencia del uso del agua y la energía. Los resultados respaldan la idea de que es posible mejorar el rendimiento de la producción agrícola mediante

la implementación de sistemas de producción más intensivos y diversos (Caviglia *et al.*, 2004; Caviglia y Andrade, 2010).

Asimismo, en los últimos años, fue creciendo el interés por el uso de especies de ciclo otoño-invernal como cultivos de cobertura (e.g., Pinto *et al.*, 2017). Se reportaron beneficios de la inclusión de cultivos de cobertura en las rotaciones como el aumento del contenido de materia orgánica y mejora de la estructura del suelo (Restovich *et al.*, 2011; Rimski-Korsakov *et al.*, 2015). También se ha demostrado que incluir cultivos de cobertura en las rotaciones reduce el nitrógeno potencialmente lixiviable a través de su absorción e inmovilización en la biomasa de los cultivos y en la materia orgánica lábil, aumentando la disponibilidad de este nutriente para los cultivos de cosecha en años siguientes (Constantin *et al.*, 2010; Restovich *et al.*, 2012). La mayoría de los estudios no encuentran cambios significativos en el mediano plazo en los rendimientos de los cultivos de verano asociados con la inclusión de cultivo de cobertura en la zona húmeda (Rimski-Korsakov *et al.*, 2015).

La posibilidad de diseñar sistemas que permitan reconectar la agricultura y ganadería es otro punto de creciente interés. La rotación entre cultivos de grano y las actividades ganaderas, cuando se compara con la agricultura continua, se asocia con un menor uso de agroquímicos, mayores aportes de carbono orgánico al suelo, una mejor protección del suelo contra la erosión, un ciclo de nutrientes más eficiente y protección de la biodiversidad (Cabrini *et al.*, 2016, Franzluebbbers *et al.*, 2014; Peyraud *et al.*, 2014). Sin embargo, la mayor complejidad en el manejo y el menor retorno económico de los sistemas mixtos parecen limitar la incorporación de la ganadería en las rotaciones.

Dado el creciente interés por disminuir o evitar completamente el uso de insumos químicos, la producción orgánica aparece también como una alternativa. La certificación orgánica es hoy en día la etiqueta ecológica dominante a nivel mundial. Los sistemas de producción orgánica se abstienen de usar fertilizantes sintéticos, pesticidas y Organismos Genéticamente Modificados (OGM), promueven la rotación de cultivos, la conservación de la fertilidad del suelo y los ciclos cerrados de nutrientes. Hay algunos críticos de la agricultura orgánica como un enfoque ineficiente de la producción de alimentos y, bajo este punto de vista, se espera que se vuelva menos relevante ante una demanda creciente de alimentos. Sin embargo, el número de establecimientos orgánicos y el tamaño del mercado de alimentos orgánicos han aumentado constantemente, junto con la inversión en investigación y educación en este campo (Reganold y Wachter, 2016). Los alimentos orgánicos a menudo se perciben como más nutritivos, de mejor sabor y más sensibles al bienestar animal y al medio ambiente, en comparación con los alimentos producidos convencionalmente (Mukherjee *et al.*, 2020).

Diversificar los sistemas productivos y modificar los planteos técnicos en busca de mejorar la performance ambiental implica incorporar nuevas actividades y realizar cambios en prácticas de manejo tanto productivas como comerciales. Estas transformaciones tienen efectos en los resultados económicos, el nivel de riesgo de los negocios y en la complejidad de la gestión. Estos aspectos son esenciales en el análisis de la viabilidad de las alternativas productivas.

Si bien actualmente existe preocupación sobre el modelo de producción predominante en la región pampeana argentina, son muy pocos los estudios que buscan analizar alternativas productivas desde un enfoque multicriterio que incluya aspectos económicos, ambientales y sociales. Las partes interesadas (agricultores, ambientalistas, consumidores y gobierno) tienen puntos de vista contradictorios con respecto a la definición del sistema de producción más adecuado, ya que asignan diferentes valores a los impactos económicos, sociales y ambientales

de la agricultura. Se necesita un proceso de negociación donde cada parte debe expresar sus objetivos claramente, basándose en mediciones objetivas de los impactos ambientales relevantes.

En el análisis de la heterogeneidad de los sistemas de producción agrícola elegidos por los agricultores, la teoría de la utilidad basada en múltiples atributos (Berkhout *et al.*, 2011) es un enfoque adecuado, ya que permite considerar los diferentes objetivos de los agricultores y la importancia que tienen asignar a cada uno de ellos. El supuesto básico que subyace a esta teoría es que el tomador de decisiones elige la alternativa que produce la mayor utilidad considerando múltiples criterios de todas las alternativas. Los modelos de decisiones multicriterio son herramientas formales en la búsqueda de agroecosistemas sostenibles (Berge *et al.*, 2000; Cabrini y Calcaterra, 2016). Este enfoque es consistente con la noción de multifuncional de la agricultura ya que permite evaluar el desempeño de los sistemas agrícolas, considerando varios atributos económicos, sociales y ambientales al mismo tiempo (Sadok *et al.*, 2009; Romero, 1996)).

Este capítulo presenta una aplicación del método de multicriterio discreto PROMETHEE (método de organización de clasificación de preferencias para evaluaciones de enriquecimiento) para evaluar sistemas de producción alternativos para el departamento de Pergamino, al norte de Buenos Aires. Se comparan cuatro sistemas en términos de un conjunto de atributos incluidos los indicadores económicos, ambientales y sociales.

Área de estudio

La propuesta de trabajo se desarrolló en el norte de la provincia de Buenos Aires, tomando como referencia el Partido de Pergamino (Figura 7.1), una de las zonas más productivas y dinámicas del país. El departamento de Pergamino es un área de paisaje de llanura suavemente ondulada. El clima es templado húmedo sin estación seca y el suelo es predominante de aptitud agrícola. La soja, el maíz y el trigo son los principales cultivos de la región, siendo la siembra de soja la actividad agrícola predominante, con aproximadamente el 75% de la tierra agrícola asignada a este cultivo. El área es representativa de la Pampa Ondulada.



Figura 7.1: Localización del Partido de Pergamino en la Provincia de Bs. As.

En las siguientes secciones se describen los pasos para la formulación y resolución del modelo: elección de alternativas, elección de atributos, determinación de los valores para los atributos, cálculo del índice de preferencia multicriterio y *ranking* de alternativas.

Elección de alternativas

La propuesta es analizar tres alternativas productivas y el monocultivo de soja, este último como referencia de los sistemas simplificados presentes en la zona (Tabla 7.1). Los sistemas alternativos considerados son: (2) Rotación agrícola con alta proporción del suelo cubierto durante el período invernal con doble cultivos/cultivos de cobertura, (3) Sistema mixto que considera una rotación agrícola-ganadera, y (4) Un sistema de producción orgánica. Las principales características de estos sistemas se presentan en la Tabla 7.1. El uso de insumos y los niveles de productividad esperados para una situación normal para cada sistema se estimaron sobre la base de los datos recopilados en encuestas realizadas a productores del partido de Pergamino que llevan a cabo estos sistemas productivos (casos 1, 2 y 3), y de parcelas demostrativas ubicadas en el campo Experimental de INTA Pergamino (caso 4). Se tomaron los valores promedio de las últimas 5 campañas en establecimientos que llevan más de 10 años de historia bajo las alternativas productivas analizadas. Se utilizan precios actuales de insumos y productos (campaña 2017/18). No se evalúa el proceso de transición entre sistemas.

Tabla 7.1: Características de los sistemas productivos

Sistema de producción	Uso de la tierra	Rendimiento (tn ha ⁻¹ año ⁻¹)	Fertilización con N (kg ha ⁻¹ año ⁻¹)	Fertilización con P (kg ha ⁻¹ year ⁻¹)	Uso de pesticidas	Sistema de labranza
1. monocultivo de soja	soja 1ra (100%)	3.5	0	23	si	sin labranza
	soja 1ra (33%)	4.8				
2. rotación agrícola	trigo/soja 2da (33%)	4.6/3.8	47	42	si	sin labranza
	vicia (cobertura)/maiz (33%)	8.2				
3. rotación agrícola – ganadera	raigrás (verdeo)/maiz (40%)	7.5				
	soja 1ra (40%)	3.5	51	7	si	sin labranza
	pastura consociada base alfalfa (20%)	0.5 (carne bovina)				
4 - rotación orgánica agrícola - ganadera	maiz (12.5%)	6.4				
	trigo/soja 2da * (12.5%)	3.0/1.7				
	vicia (cobertura)/maiz (12.5%)	6.4	0	0	no	con labranza
	moha (12.5%)	6.5				
	pastura consociada base alfalfa (50%)	0.5 (carne bovina)				

* En la producción orgánica se toma como probabilidad de cosecha de la soja un 25%

Elección de atributos

El concepto de atributos es clave en los modelos multicriterio. Los atributos son aspectos que el tomador de decisión desea considerar para sus elecciones y que toman valores distintos en las alternativas consideradas. La elección del conjunto de atributos que se incluyen en el modelo PROMETHEE para evaluar los sistemas productivos se basa en una selección participativa de indicadores de sustentabilidad. En primer lugar, con información relevada durante una revisión bibliográfica se confeccionó un listado de los indicadores mencionados en la misma. Se utilizó el concepto de Servicios Ecosistémicos para definir y agrupar atributos ambientales. Dentro de este marco conceptual se consideran los servicios de provisión (capacidad para producir alimentos y energía), culturales (e.g., identificación con la actividad, valor estético) y de regulación/soporte (e.g, balance hídrico, secuestro de carbón,

conservación de biodiversidad). Este marco conceptual ha sido ampliamente utilizado para la evaluación de la sustentabilidad de los sistemas agroalimentarios y ha sido propuesto como base para la elección de atributos en modelos de decisión multicriterio (Fontana *et al.*, 2013).

Entre 2017 y 2018 se realizó una encuesta a 36 personas cuyas actividades estaban relacionadas con la producción agrícola y la evaluación de la sostenibilidad: (agricultores, asesores agronómicos, investigadores y extensionistas del INTA y profesores universitarios). A estas personas se les preguntó si eliminarían o agregarían indicadores de la lista y se les pidió que seleccionen los tres indicadores más relevantes. La elección de los atributos del modelo se basó en la frecuencia de la selección de los criterios como los más importantes.

Las respuestas sobre la relevancia de los indicadores de sustentabilidad fueron diversas. Casi todos los indicadores fueron seleccionados al menos una vez. Este resultado es consistente con la heterogeneidad en las percepciones de los sistemas agrícolas deseables por actores que pertenecen a distintos segmentos de la sociedad. El resultado económico de las actividades agrícolas fue el indicador que se seleccionó con más frecuencia como uno de los tres indicadores más importantes para la evaluación de la sustentabilidad, seguido por los balances de nutrientes, carbono orgánico del suelo y riesgo de contaminación por agroquímicos (Figura 7.2). Seguidos por la estructura del suelo, la diversidad de micro y meso fauna y la diversidad productiva.

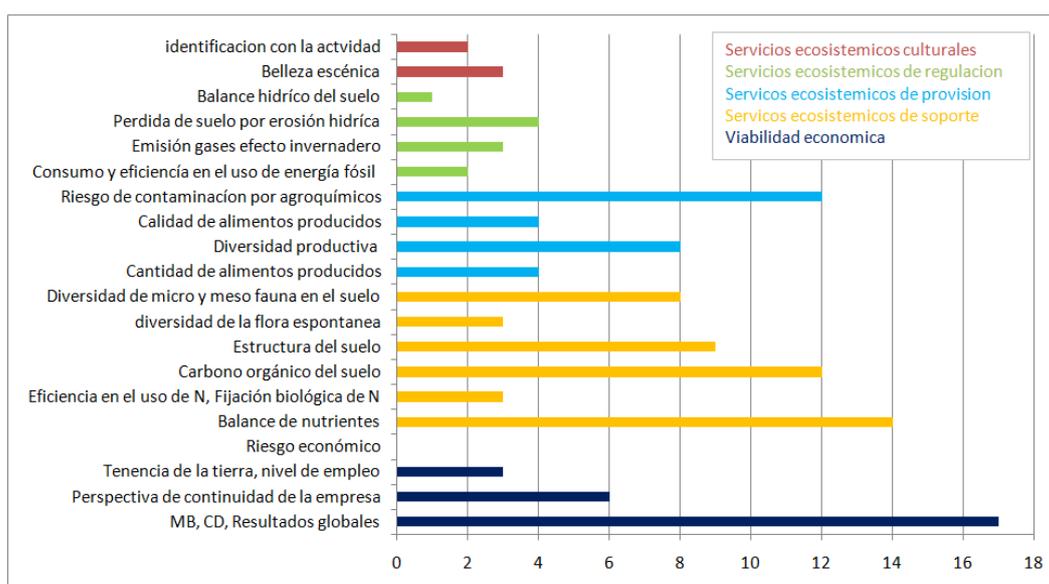


Figura 7.2: Frecuencia con que los indicadores fueron seleccionados dentro de los 3 más importantes para la evaluación de sustentabilidad.

Basados en estos resultados, se seleccionaron los indicadores que fueron jerarquizados con mayor frecuencia y se los consideró como los atributos relevantes. La estructura del suelo, y la diversidad de micro y meso fauna, si bien fueron elegidos por los entrevistados con alta frecuencia, no fueron considerados como atributos en el modelo, dado que no se contaba con la información para su estimación, y se considera que están asociados al contenido de carbono orgánico del suelo.

Para abordar la dimensión social se agregó una variable ordinal de esfuerzo de gestión que indica la complejidad de manejo de las distintas alternativas (Tabla 7.2). Se considera relacionado al nivel de empleo.

Tabla 7.2: Atributos seleccionados para la evaluación de los sistemas productivos

	Atributo	Unidad	Tipo	Forma de cálculo
Económicos	Margen bruto (MB)	u\$s ha ⁻¹ year ⁻¹	cuantitativo	Ingreso menos costos directos (Ghida Daza, 2009)
	Diversificación productiva (div)	-	cuantitativo	div = 1/HH * 10000. El coeficiente de Herfindahl-Hirschman (HH) (Parkin y Loria, 2015) se utiliza comúnmente para medir concentración en las actividades económicas, en este trabajo se utiliza para calcular el nivel de diversificación en el uso de la tierra. El HH se calcula como la suma de los porcentajes al cuadrado de la tierra asignada a cada actividad. Toma valor de 1 para monocultivo y mayores valores para mayores niveles de diversificación productiva.
Ambientales	Balance de nitrógeno (BN)	kg ha ⁻¹ year ⁻¹	cuantitativo	N entrada (N fertilizante + N fijación biológica + N precipitación) - N salidas (N productos cosechados) (Alvarez et al., 2014)
	Balance de fósforo (BP)	kg ha ⁻¹ year ⁻¹	cuantitativo	P entrada (P fertilizante) - P salidas (P productos cosechados)
	Materia orgánica en el suelo (MOS)	%	cuantitativo	Contenido de materia orgánica en el suelo 0-20 cm en el equilibrio: Modelo AMG (Andriulo et al., 1999)
	Riesgo de contaminación por pesticidas (EIQ)	-	cuantitativo	EIQ es el coeficiente de impacto ambiental propuesto por (Kovach et al., 1992) Se utilizó el calculador: https://nysipm.cornell.edu/eiq/calculator-field-use-eiq/
Social	Esfuerzo de gestión	-	ordinal	Escala de 1 a 5. 1 para el menor grado de complejidad de manejo. Determinado por el equipo de investigación.

Valores para los atributos

Para cada alternativa productiva de calcularon los valores de los 7 atributos seleccionados (Tabla 7.3). La tabla permite identificar en que atributo se destaca cada alternativa. La primera alternativa, el monocultivo de soja, tiene la menor complejidad de manejo. La segunda alternativa genera el mejor resultado económico, tiene mayor diversidad productiva y mayor materia orgánica en el suelo. La tercera alternativa tiene los balances de nutrientes más neutrales. La última alternativa, la producción orgánica, no tiene riesgo de contaminación por el uso de pesticidas.

La dirección de los objetivos es de maximización para el margen bruto, la diversificación productiva y la materia orgánica del suelo; de minimización para el riesgo de contaminación con pesticidas y la complejidad de manejo; y de neutralidad para los balances de nutrientes. En este último caso, el objetivo de obtener balances neutros es consistente con el mantenimiento de la productividad del suelo y la reducción del riesgo de la contaminación. Para la resolución del modelo tanto los balances positivos como negativos se consideran en valores absolutos como desvíos y se procede como una minimización para estos dos atributos.

Los índices de preferencia para cada atributo (Tabla 7.4) permiten identificar conflictos (*trade-off*) entre los mismos. Los indicadores con mayor conflicto son los que presentan rojos oscuros y verdes oscuros en la misma fila de la Tabla 7.4. Se destacan los siguientes conflictos:

- El balance de N más neutral se logra con la alternativa de bajo resultado económico, menor contenido de materia orgánica y mayor riesgo de contaminación por pesticidas.
- El mínimo riesgo de contaminación por pesticidas se asocia al menor resultado económico y mayor desbalance de fósforo.
- El mínimo esfuerzo de gestión se logra con la alternativa de menor diversidad productiva, mayor desbalance de N y menor contenido de materia orgánica en el suelo.

Tabla 7.3. Matriz de decisión. Valores de atributos económicos, ambientales y sociales para cada alternativa y parámetros de funciones de preferencia.

Alternativas	Criterios						
	Margen bruto	Balace de nitrógeno	Balace de fosforo	Materia Orgánica del suelo	Riesgo de contaminación por pesticidas	Diversidad productiva	Esfuerzo de gestión
	u\$s / ha ⁻¹	Kg ha ⁻¹	Kg ha ⁻¹	% (0- 20cm prof. suelo)	EIQ	1/IHH*10000	escala (1-5)
1- monocultivo de soja	522	-28,176	1,18	2,6	53,8	1	1
2- rotación agrícola	678	15,83	8,07	3,5	48,12	5	2
3- rotación agrícola ganadera	391	8,53	-5,74	2,7	93,62	3,8	3
4- rotación agrícola ganadera orgánica	313	18,38	-12,27	3,3	0	4,5	5
Objetivo	max	= 0	= 0	max	min	max	min
Preferencia	V lineal	V lineal	V lineal	V lineal	V lineal	V lineal	V lineal
Rango	365,37	46,56	20,34	0,9	93,62	4	4
qj	36,537	4,66	2,034	0,09	9,362	0,4	NC
pj	328,833	41,90	18,306	0,81	84,258	3,6	NC

Tabla 7.4. Índice de preferencia para cada atributo.

Sistema de producción	Margen bruto (MB)	Balace de nitrógeno (BN)	Balace de fosforo (BP)	Materia orgánica del suelo(MOS)	Riesgo de contaminación con agroquímicos (EIQ)	Diversificación productiva (Div)	Esfuerzo de gestión
1	0,91	-	1,01	-	0,41	-	3,00
2	2,27	0,15	0,13	2,15	0,48	1,28	2,00
3	0,14	0,61	0,29	0,04	-	0,75	1,00
4	-	0,14	-	1,46	2,11	1,06	-

Nota: Verde más oscuro representa la superioridad de la alternativa en el indicador. Rojo más oscuro representa la inferioridad de la alternativa en el indicador.

Índice de preferencia multicriterio

Para calcular el índice de preferencia multicriterio se asignaron pesos a distintos indicadores en base a la encuesta mencionada anteriormente. Se realizó un análisis de clusters para agrupar individuos con opiniones similares y definir tipos de perfiles de decisores. Los actores se clasificaron en tres grupos con preferencias sobre los indicadores bien diferenciados. De los tres grupos surgen los perfiles de actores que se muestran en la Tabla 7.5. Los vectores de pesos para cada perfil se calcularon en base a la proporción de actores dentro de cada grupo que eligió a los criterios como los más relevantes.

Tabla 7.5. Vectores de pesos asignados a los indicadores para los tres perfiles de tomadores de decisiones.

Perfiles	Margen bruto	Diversidad productiva	Balace de N	Balace de P	Carbono orgánico en el suelo	Riesgo de contaminación por pesticidas	Esfuerzo de gestión
Énfasis en resultado económico	0.37	0.20	0.11	0.11	0.00	0.17	0.03
Énfasis en productividad del suelo	0.16	0.00	0.12	0.12	0.48	0.12	0.00
Énfasis en el riesgo por el uso de pesticidas y complejidad	0.00	0.16	0.00	0.00	0.00	0.50	0.34
Objetivo	MAX	MAX	0	0	MAX	MIN	MIN

Resultados del ranking de los sistemas productivos

Las fortalezas y debilidades de cada sistema productivo dependen de las preferencias de los actores, dado que se determinan a partir de los pesos asignados a cada atributo. Los índices de preferencia muticriterio muestran a la secuencia agrícola como la alternativa preferida en todas las comparaciones de a pares para los tres vectores de pesos, con una sola excepción. El monocultivo de soja es preferido a la secuencia agrícola para el tercer perfil, con énfasis en el riesgo de contaminación y la complejidad.

El *ranking* de alternativas que surge del análisis indica a la rotación agrícola como el sistema productivo de preferencia en el caso de los perfiles decisores con énfasis en el resultado económico y en la productividad del suelo, bajo los criterios de *ranking* completo e incompleto (Figuras 7.3 y 7.4). Para los otros dos tipos de perfiles, de acuerdo al flujo neto, los resultados indican también la preferencia por la rotación agrícola. La producción orgánica aparece como la mejor opción solo en el *ranking* de fortalezas, para el perfil con énfasis en el uso de pesticidas.

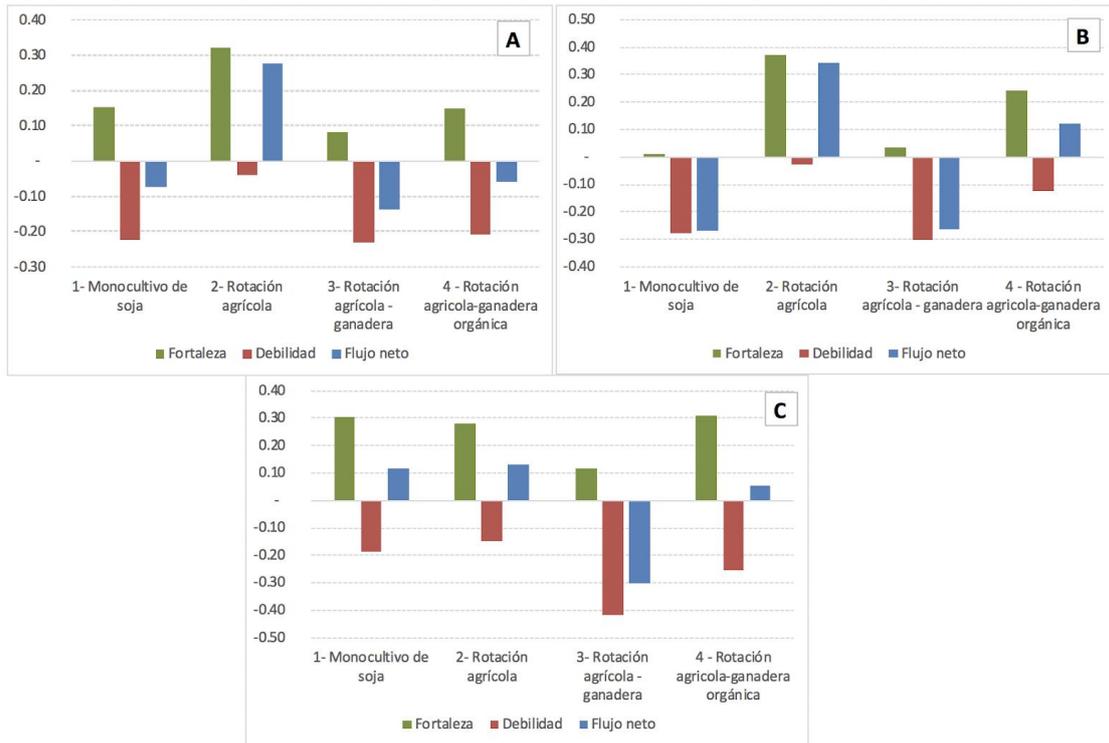
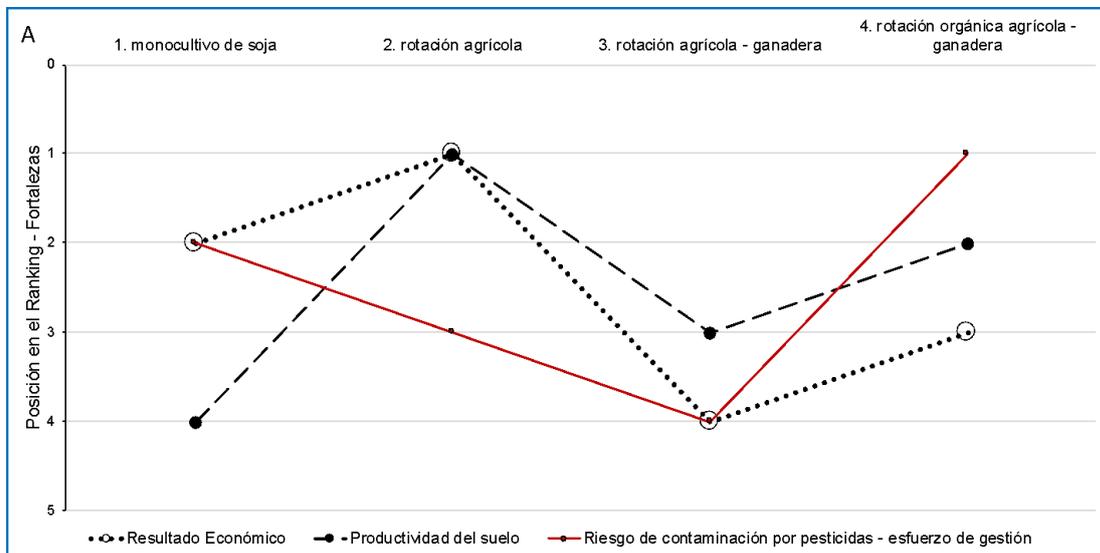


Figura 7.3. Resultados del modelo para los tres perfiles de actores. Panel A: énfasis en el resultado económico. Panel B: énfasis en la productividad del suelo. Panel C: énfasis en el riesgo de contaminación por pesticidas y la complejidad de manejo.



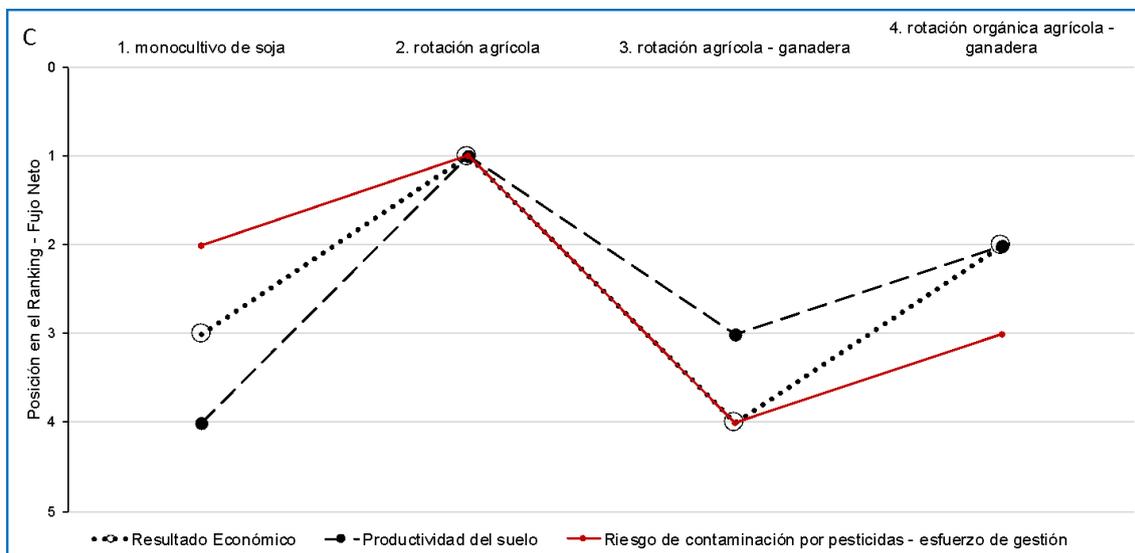
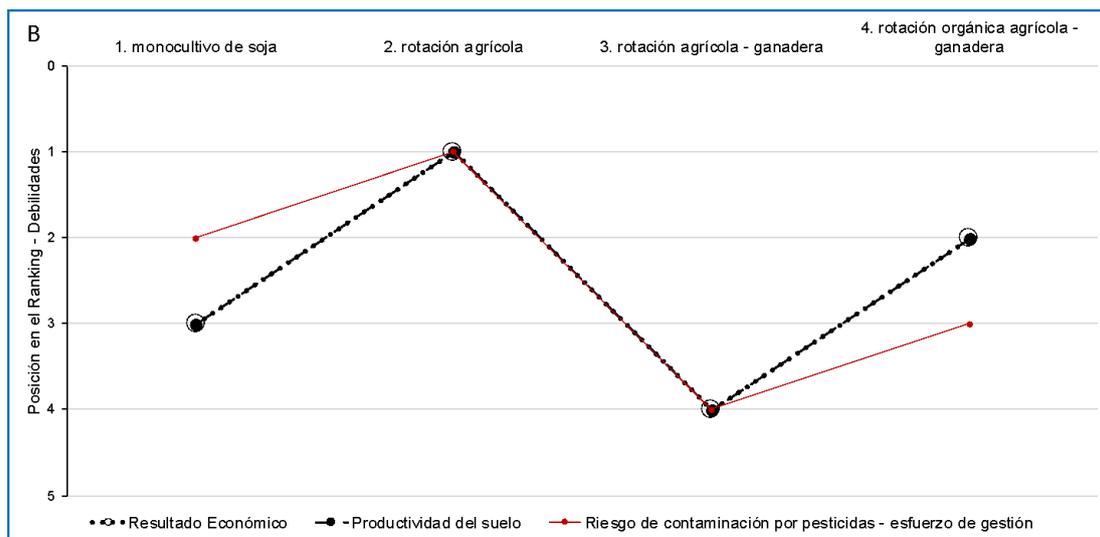


Figura 7.4. Ranking de alternativas según los perfiles de decisores. Panel A: En base a las fortalezas. Panel B: en base a las debilidades. Panel C: en base al flujo neto.

El análisis PROMETHEE permite combinar criterios con diferentes escalas para generar un *ranking* de alternativas preferidas de acuerdo a las preferencias de los decisores. Definir las relevancias de los diferentes atributos para medir la sustentabilidad de agroecosistemas es un desafío, dado la importancia de cada uno de ellos. Por esto, en este análisis se consideran diferentes perfiles de actores, que asignan diferentes pesos a los atributos.

Los resultados señalan al sistema agrícola intensificado como la alternativa de mayor nivel de sustentabilidad, en base a los criterios seleccionados y los pesos asignados para todos los perfiles de decisiones. Es interesante señalar que estos resultados apoyan el creciente interés entre los productores de mayor nivel tecnológico por este tipo de alternativas en la evaluación de las posibilidades de aumentar la cantidad y diversidad de cultivos en planteos agrícolas (e.g., Proyecto Rotaciones CREA-BID 2017, Proyecto Chacras Aapresid - desde 2011). En este trabajo se incluye solo una alternativa de intensificación de las rotaciones basada en un

caso de estudio de la zona, es interesante profundizar el análisis de este tipo de alternativas considerando la inclusión de otros cultivos en las rotaciones de la zona de estudio.

La producción orgánica aparece como la mejor opción solo en el *ranking* de fortalezas, para el perfil con énfasis en el uso de pesticidas. Para este mismo perfil, este sistema aparece en tercer lugar en cuanto a las debilidades. La producción orgánica presenta debilidades en el resultado económico, el balance de fósforo y esfuerzo de gestión, con respecto a todos los otros sistemas. En un contexto de ordenamiento territorial sería interesante investigar las preferencias por esta y otras alternativas específicamente para la zona periurbana.

Como se mencionó en párrafos anteriores, en este trabajo no se evalúa el proceso de transición de una alternativa productiva a otra. Para completar la evaluación ex-ante de sistemas productivos sería necesario ampliar el estudio incluyendo un análisis de los costos y beneficios que se obtienen durante los años de transición, considerando el cálculo del valor actual neto para cada alternativa.

Conclusión

Los métodos multicriterio discretos proporcionan una manera formal y transparente de combinar información objetiva sobre diferentes atributos de los sistemas agrícolas con las preferencias subjetivas de diferentes actores por estos atributos.

En lugar de señalar una decisión "correcta", el objetivo es ayudar a los tomadores de decisiones a encontrar la alternativa que mejor se adapte a sus objetivos y mejorar su comprensión del problema. Mediante la aplicación de estos métodos es posible una mejor comprensión tanto de las expectativas de la sociedad sobre la producción agropecuaria, como de los incentivos de los productores agropecuarios para elegir qué y cómo producir.

El proceso de cálculo de PROMETHEE de la clasificación final es relativamente complejo y puede ser de difícil interpretación, por lo tanto, puede representar una limitación para su aplicación práctica. Se planea continuar este trabajo compartiendo los métodos y los resultados en grupos focales con diferentes actores, con el fin de difundir el método y evaluar en qué medida este enfoque puede proporcionar una base útil para la discusión sobre el diseño de sistemas agrícolas más sostenibles.

La sustentabilidad es un concepto dinámico, y los diferentes desafíos del sistema agroalimentario han ido cambiando a lo largo del tiempo. La aparición de nuevas preocupaciones y soluciones se deben a los cambios en las actividades productivas y en las prácticas de manejo, a los avances en las mediciones de impactos ambientales, y a los cambios en las preferencias de la población. Los modelos multicriterio son herramientas valiosas en el proceso de elección de los sistemas productivos.

Referencias bibliográficas

Alvarez, R., Steinbach, H. S., y de Paepe, J. (2014). A regional audit of nitrogen fluxes in Pampean agroecosystems. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 184, 1–8.

- Andrade, J. F., Poggio, S. L., Ermacora, M., y Satorre, E. H. (2017). Land use intensification in the Rolling Pampa, Argentina: Diversifying crop sequences to increase yields and resource use. *European Journal of Agronomy*, 82, 1-10.
- Andrade, J. F., Poggio, S. L., Ermácora, M., y Satorre, E. H. (2015). Productivity and resource use in intensified cropping systems in the Rolling Pampa, Argentina. *European Journal of Agronomy*, 67, 37-51.
- Berge, H.F.M., Ittersum, M.K.V., y Rossing W.A.H. (2000). "Farming Options for the Netherlands Explored by Multi-objective Modelling." *European Journal of Agronomy* 13, 263-277.
- Berkhout, E. D., Schipper, R. A., Van Keulen, H., y Coulibaly, O. (2011). Heterogeneity in farmer's production decisions and its impact on soil nutrient use: Results and implications from northern Nigeria. *Agricultural Systems*, 104(1), 63-74.
- Cabrini, S.M., y Calcaterra, C.P. (2016). "Modeling Economic-Environmental Decision Making for Agricultural Land Use in Argentinean Pampas". *Agricultural Systems*, 143, 183-194.
- Caviglia, O.P., Sadras, V.O., y Andrade F.H. (2004). "Intensification of Agriculture in the South-eastern Pampas. I. Capture and Efficiency in the Use of Water and Radiation in Double Cropped Wheat-soybean." *Field Crops Research* 87, 117-129.
- Caviglia, O.P., y Andrade, F.H. (2010). "Sustainable Intensification of Agriculture in the Argentinean Pampas: Capture and Use Efficiency of Environmental Resources." *American Journal Plant Science*, 3, 1-8.
- FAO (2011). *Ahorrrar para Crecer. Guía para los Responsables de las Políticas de Intensificación Sostenible de la Producción Agrícola en Pequeña Escala*. Roma, Italia: Ed. FAO.
- Fontana, V., Radtke, A., Bossi Fedrigotti, V., Tappeiner, U., Tasser, E., Zerbe, S., y Buchholz, T. (2013). Comparing land-use alternatives: Using the ecosystem services concept to define a multi-criteria decision analysis. *Ecological Economics*, 93, 128-136.
- Franzluebbers, A.J., Sawchika, J. y Taboada, M.A. (2014) Agronomic and Environmental impacts of pasture-Crop Rotations in Temperate North and South America. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 190, 18-26.
- Ghida Daza, C. (Coord.). (2009). *Indicadores Económicos para la Gestión de Empresas Agropecuarias*. Buenos Aires: Ediciones INTA.
- Godfray, C., Beddington, J.R., Crute, I.R., Haddad, L., Lawrence, D., Muir, J.F., Pretty, J., Robinson, S., Thomas, S.M. y Toulmin, C. (2010). Food Security: The Challenge of Feeding 9 Billion People. *Science*, 327, 812-818
- Kovach, J., Petzoldt, C., Degnil, J., y Tette, J. (1992). A method to measure the environmental impact of pesticides. *New York's Food and Life Sciences Bulletin*, 139, 1-8.
- Mukherjee, A., Omondi, E. C., Hepperly, P. R., Seidel, R., y Heller, W. P. (2020). Impacts of Organic and Conventional Management on the Nutritional Level of Vegetables. *Sustainability*, 12, 1-25.
- Parkin, M. y Loria, E. (2010). *Microeconomía Versión para Latinoamérica*. Novena edición. Naucalpan de Juárez. México: Pearson educación.
- Peyraud, J.L., Taboada, M. y Delaby, L. (2014) Integrated Crop and Livestock Systems in West- ern Europe and South America: a Review. *European Journal of Agronomy* 57, 31-42.

- Pinto, P., Long, M. E. F., y Piñeiro, G. (2017). Including Cover Crops During Fallow Periods for Increasing Ecosystem Services: Is it Possible in Croplands of Southern South America? *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 248, 48-57.
- Pretty, J., Benton, T. G., Bharucha, Z. P., Dicks, L. V., Flora, C. B., Godfray, H. C. J., y Pierzynski, G. (2018). Global assessment of agricultural system redesign for sustainable intensification. *Nature Sustainability*, 1(8), 441-446.
- Pretty, J., Toulmin, C., y Williams, S. (2011). Sustainable intensification in African agriculture. *International Journal of Agricultural Sustainability*, 9(1).
- Reganold, J. P., y Wachter, J. M. (2016). Organic agriculture in the twenty-first century. *Nature plants*, 2(2), 1-8.
- Restovich, S. B., A. E. Andriulo, y Portela S. I. (2012). Introduction of Cover Crops in a Maize-soybean Rotation of the Humid Pampas: Effect on Nitrogen and Water Dynamics. *Field Crops Research* 128(0), 62-70.
- Restovich, S. B., Andriulo, A. E., y Améndola, C. (2011). Inclusion of Cover Crops in a Soybean-corn Rotation: Effect on some Soil Properties. *Ciencia del suelo*, 29(1), 61-73
- Rimski-korsakov, H., Alvarez, C. R., y Lavado, R. S. (2015). Cover crops in the agricultural systems of the Argentine Pampas. *Journal of Soil and Water Conservation*, 70(6), 134A-140A.
- Rockström, J., Williams, J., Daily, G., Noble, A., Matthews, N., Gordon, L., Y de Fraiture, C. (2017). Sustainable Intensification of Agriculture for Human Prosperity and Global Sustainability. *Ambio*, 46(1), 4-17.
- Romero, C. (1996). *Análisis de las decisiones multicriterio*. Madrid: Isdefe.
- Sadok, W., Angevin, F., Bergez, J. E., Bockstaller, C., Colomb, B., Guichard, L., y Dore, T. (2008). Ex ante assessment of the sustainability of alternative cropping systems: implications for using multi-criteria decision-aid methods. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 28(1), 163-174.
- Satorre, E. H. (2005). Cambios Tecnológicos en la Agricultura Argentina Actual. *Ciencia hoy*, 15(87), 24-31.
- Viglizzo, E.F.; Frank, F.C.; Carreño, L.V.; Jobbágy, E.G.; Pereyra, H.; Clatt, J.; Pincén, D. y Ricard, M.F. (2011). Ecological and Environmental Footprint of 50 Years of Agricultural Expansion in Argentina. *Global Change Biology*, 17, 959-973.

CAPÍTULO 8

Evaluación de alternativas productivas en agricultura familiar: aplicación en un caso del Sudoeste de la provincia de Buenos Aires

*Giordani, G.*³⁰

Resumen

El modelo agropecuario caracterizado por la agriculturización y el monocultivo se expandió en los últimos años con consecuencias negativas ambientales y sociales. Se ha justificado por la necesidad aumentar los bienes exportables, sin embargo, existen otros modelos productivos que generan buenos rendimientos, mayor estabilidad interanual y menores costos. En este contexto las alternativas productivas para la agricultura familiar suelen ser escasas y los datos censales dan cuenta de la disminución del número de explotaciones agropecuarias de menor tamaño. En este trabajo se aborda el análisis de alternativas productivas apropiadas para el sector, con el fin de fortalecerlo y disminuir la tendencia hacia su desaparición. Se presenta el caso de un productor familiar del sudoeste de Buenos Aires, que tiene un modelo productivo convencional y requiere analizar alternativas productivas para mejorar su situación económico-productiva. Se simuló el escenario posible en cuatro situaciones productivas diferentes: producción convencional, disminución gradual de insumos químicos, intensificación con ovinos y producción silvopastoril. En base a las preferencias del productor

³⁰ Investigadora del IPAF Región Pampeana. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Contacto: giordano.gabriela@inta.gob.ar

se evaluó cada alternativa según cinco criterios: resultado económico, inversión inicial, percepción del riesgo de producción, esfuerzo de cambio de gestión, estado del suelo y biodiversidad. Para ello se utilizó el método multicriterio PROMETHEE y el software Visual PROMETHEE, que permite ordenar y comparar alternativas y además brinda esquemas visuales, que facilitan la interpretación de los resultados. Se concluye que, para este productor, domina la alternativa reducción gradual de insumos sobre las demás (aunque no de preferencia completa) ya que la alternativa silvopastoril presenta más fortalezas. También se resalta que, en la práctica, la agricultura familiar suele, hibridar las alternativas disponibles tratando de obtener lo mejor de cada una. La aplicación del método multicriterio es de gran utilidad cuando se realizan evaluaciones en función de varios criterios y además tiene en cuenta los objetivos de quienes finalmente deben tomar una decisión.

Introducción

El modelo agropecuario de la región pampeana se caracteriza en los últimos años por la tendencia a la agriculturización, es decir, el reemplazo de la ganadería por la agricultura y dentro de esta, la inclinación hacia el monocultivo (CEPAL, 2005). Este escenario se desarrolla a partir de la introducción de la soja transgénica en el país en los años '90 y luego se expande también a otras regiones no pampeanas. Las consecuencias negativas de este modelo, basado en el uso intensivo de insumos y capital, tienen que ver con aspectos ambientales como pérdida de biodiversidad, aparición de malezas resistentes (Iermand, Sarandón, Tamagno y Maggio, 2015), contaminación, enfermedades (Alonso, Ronco y Marino, 2014; Sarandon *et. al.*, 2015; Montoya, Porfiri, Roberto y Viglizzo, 2018).

Por otro lado, en la región pampeana el uso indiscriminado de productos químicos fitosanitarios, ocasiona conflictos socio ambientales principalmente en las zonas de interfase rural urbano, debido a los riesgos sanitarios y ambientales derivados de las pulverizaciones con agroquímicos (Propersi *et. al.*, 2013). En diversas localidades se sancionaron ordenanzas que regulan el uso de estos productos estableciéndose franjas de no pulverización o amortiguamiento en las periferias urbanas. La implementación de estas normativas genera tensiones y controversias entre los diferentes actores de cada comunidad debido a visiones contrapuestas sobre cuestiones éticas y de salud sobre la actividad productiva, ya que en general las normativas limitan el uso de estos productos, pero no brindan alternativas de producción (Giordano, Perez y Perez, 2017).

Paralelamente, los datos de los Censos Nacionales Agropecuarios (CNA) 1988- 2002 arrojan que, en ese período, la disminución de explotaciones agropecuarias (eaps) a nivel país fue de 81.000, o sea, un 21 % del total. Es decir, se produce la disminución del número de unidades productivas agropecuarias y por ser en general las de menor superficie las más afectadas, se infiere que pertenecen a la agricultura familiar (Bilello, Pérez, Giordano y Huinca, 2011). Los datos del Censo 2018 dan cuenta de una disminución de 83.870 eaps relevadas respecto del año 2002, siguiendo la misma tendencia.

Desde distintos sectores, se justifica el modelo productivo desde el punto de vista económico, argumentando la necesidad de aumentar al máximo los bienes exportables y la entrada de divisas al país, necesarias para la producción industrial, dependiente de importaciones. Sin embargo, está demostrado que otros modelos productivos generan muy buenos rendimientos, con más estabilidad interanual, con menos costos (Zamora M., Barbera A., Carrasco N. y Malaspina M., 2018) y sin la necesidad de insumos químicos, que son importados y se aplican

en modelos que deterioran el capital natural disponible (Zazo F.; Flores C.; Sarandon S., 2011).

En este contexto, la situación de la agricultura familiar es inestable, debido en ocasiones, a la falta de infraestructura habitacional y de provisión de servicios y puntualmente a la escasez de alternativas productivas apropiadas para este sector. La poca superficie disponible, producto muchas veces, de las sucesiones familiares y la necesidad creciente de insumos y capital son características del modelo que excluye al sector. Esto genera, el abandono de la actividad, desarraigo y la búsqueda de trabajo en los pueblos y ciudades cercanas.

La agricultura familiar es un sector que totaliza el 75,3 % de las eaps del país y ocupan el 17,7 % de la superficie total de todas las eaps (Scheinkerman de Obtchasko, 2009). Por ello es importante hacer un abordaje de su situación socio-productiva y el análisis de alternativas productivas apropiadas para el sector, con el fin de fortalecerla y minimizar la tendencia hacia su desaparición.

Se trata unidades productivas que funcionan como un sistema familia-explotación, donde ambas partes están asociadas (Bravo *et. al.*, 1994; Cittadini *et. al.*, 2001; Darré, 1996). Como consideran diversos autores, desarrollan estrategias consideradas “hasta cierto punto contradictorias con la lógica del capital (pluriactividad, sacrificar total o parcialmente la ganancia normal, retribuirse exclusivamente el valor del salario, etc.)” (Azcuay y Martínez, 2011). Entonces, difícilmente adopten ‘paquetes tecnológicos’, y por el contrario re-crean las opciones técnicas adaptándolas a las diversas situaciones socio-productivas en las que se encuentran.

El fenómeno de la agriculturización presenta variantes y existen casos de productores que utilizan un porcentaje de su superficie con ganadería, es decir no son agrícolas puros y en agricultura combinan diferentes cultivos como trigo, trébol, maíz, girasol, soja, sorgo, avena, vicia, cebada, moha, pasturas y otros. También han diversificado sus producciones por ejemplo con ovinos, cerdos o tambos. Estos modelos productivos se acercan en mayor o menor medida a los planteos de la agroecología que, como disciplina científica, se enfoca en algunos principios básicos como: la disminución de uso de insumos externos y el ciclado de nutrientes, que redundan en el aumento de autonomía por parte del productor y su familia (Tittonell, 2019).

El caso que se presenta en este capítulo, es el de un productor familiar que se encuentra en la situación antes descripta. Posee un modelo productivo a base de insumos externos y encuentra dificultades para mantenerse en la actividad. Se trabaja la aplicación del método Promethee y el software Visual Promethee, con el objetivo general de analizar opciones productivas posibles. Para ello, se organizan dos objetivos específicos, por un lado, establecer cuál es la meta del productor, y por otro, plantear alternativas de producción y criterios de evaluación que tengan relación con sus principales aspiraciones.

Área de estudio

Se trabajó en el partido de Coronel Suarez, ubicado en el sudoeste de la provincia de Buenos Aires. La zona, se corresponde con la interface entre la pampa húmeda y la pampa seca, siendo de clima semihúmedo y con suelos de aptitud agrícola variada. Además, abarca una diversidad

de situaciones productivas y sociales, como una elevada heterogeneidad ambiental y una tradición fuertemente ganadera (Requesens y Silva, 2011).

La región recibe el impacto de la agriculturización antes descrito y la tendencia hacia la especialización –aunque con menor intensidad que en la zona núcleo pampeana, debido a las condiciones ambientales-. Cuando el planteo productivo no es puramente agrícola y generalmente basado en trigo y soja, se encuentran sistemas mixtos. Sin embargo, en estos modelos, la ganadería, muchas veces no se da de manera articulada como sucedía tradicionalmente en sistemas de rotaciones extensivas, sino que suelen aparecer como actividades desacopladas y altamente especializadas, incluso con administraciones independientes (Viglizzo, 2007b, en Lageyre, 2013).

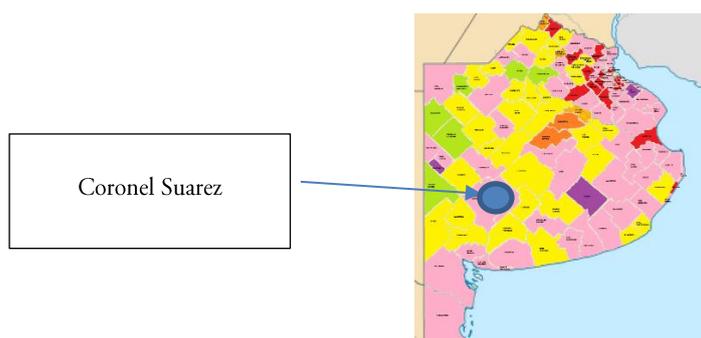


Figura 8.1: Localización del área de estudio en la provincia de Bs. As.

Metodología

Se resalta que, este estudio es parte de un trabajo mayor donde a través de entrevistas semiestructuradas se abordó la historia personal y productiva del productor, con el fin de lograr un acercamiento a la comprensión de su lógica de producción. Este conocimiento previo resultó importante para que el planteamiento de alternativas y criterios de evaluación le sean familiares y de fácil interpretación.

En las siguientes secciones se describen los pasos para la aplicación del método: (a) establecimiento de la meta del productor, (b) elección de alternativas posibles, (c) elección de criterios de evaluación de las mismas, (d) determinación de los valores para cada criterio en cada alternativa, (e) resultado: ordenamiento de alternativas.

Desarrollo metodológico

(a) establecimiento de la meta del productor:

El presente caso es el de un productor familiar que posee 90 hectáreas productivas, es ganadero, tiene 70 vacas de cría y 200 ovejas. Se dedica a la venta terneros y corderos, con planteos de siembra convencional de cultivos anuales utilizados para forraje como avena, avena con vicia, sorgo, cebada y festuca; y eventualmente con rotación de estas parcelas con pasturas.

El productor comenzó a sentir como problema el estado de degradación de algunos potreros, visualizado en el suelo y en la cantidad y calidad de los cultivos. Por otro lado, invertía cada

año más dinero, principalmente en insumos químicos para tener recurso forrajero: *“en una economía tan chiquita, valores tan altos de herbicidas y fertilizantes iban a hacer que deje de trabajar”*.

Como se describió anteriormente, esta es una situación típica en agricultura familiar, como también lo es, la búsqueda de alternativas productivas para vivir del campo y permanecer en el medio rural.

Ante la situación planteada, y como primer paso, se definió un objetivo consensuado con el productor: vivir de la producción del campo sin degradar los recursos naturales.

(b) elección de alternativas posibles:

Entre la situación actual y la futura deseada se plantearon algunos caminos posibles. Las alternativas, estabilizadas³¹ en 3 años, que se vislumbraron son:

1)Tendencial: es la alternativa existente antes de hacer cambios, proyectada, es decir, el sistema sigue funcionando igual. A base de cultivos anuales realizados con labranza convencional y uso de agroquímicos, con una creciente degradación del suelo y con una relación ingreso/costo directo muy ajustada.

2)Disminución gradual de insumos químicos: se aplica en todo el campo, menos cantidad de productos químicos y se reemplaza el efecto de estos con otras técnicas basadas en procesos, por ejemplo, las rotaciones, el intercultivo de gramíneas con leguminosas, la incorporación de pasturas polifíticas plurianuales, manejo controlado del pastoreo³² y siembra directa sin agroquímicos. Con la incorporación de estas técnicas, el esquema productivo comienza a cambiar/transicionar hacia la agroecología, al menos desde el punto de vista productivo, ya que se empiezan a utilizar procesos biológicos en lugar de químicos. El gasto en productos disminuye y se ven mejoras en el estado del suelo y del forraje.

3)Intensificación de la actividad ovina y disminución de la bovina: se disminuye el número de vacas a 40 madres y se aumenta el número de ovinos para ocupar 50 hectáreas con 400 ovejas, con el necesario manejo de la rotación de animales en los potreros para evitar la compactación y el sobrepastoreo. La actividad ovina es conocida por el productor y brinda ingresos más rápidos en el tiempo en comparación con la actividad bovina por eso es preferida por él. También requiere de cierta inversión en alambrados y aguadas para lograr un manejo intensivo eficiente. Esto puede lograrse en 2-3 años con la venta de bovinos y alta tasa reproductiva de ovinos. En esta alternativa se disminuye el uso de productos químicos incorporándose las técnicas mencionadas para el manejo de los cultivos propias de la agroecología.

4)Sistema silvopastoril: La incorporación del árbol al sistema brinda múltiples beneficios (biodiversidad, sombra y reparo, madera) y es una actividad promocionada por el Estado a través de distintos programas que entregan plantines o descuentan impuestos, para promocionar la forestación. Tiene una inversión inicial importante (compra de plantines y

³¹ Considerando a la implantación forestal, como una alternativa de resultados económicos a más largo plazo.

³² mejora la distribución de la bosta, evita el crecimiento de especie no deseadas, permite el rebrote.

plantación) que se disminuye en el caso de acceder a un programa forestal y permite generar otros ingresos. Hay que tener en cuenta que el tiempo para empezar a percibir un beneficio económico es al segundo año con un primer raleo para leña, a los 5 años se puede ralear para leña y madera y a los 10 años se hace la tala rasa y es cuando se generan los mayores ingresos. Se consideran especies comunes para la zona, como eucaliptus y álamo para cortinas o montes de reparo ocupando una superficie de 20 hectáreas.

(c) elección de criterios de evaluación:

Una vez construidas las alternativas se derivan los criterios para su evaluación. Se trata de características que se asocian a cada alternativa y permiten establecer comparaciones entre ellas. Son aspectos que el tomador de decisión considera para la elección de alternativas y que toman valores distintos para cada una, resultandos comparables.

Para identificar los criterios es importante escuchar atentamente a los involucrados para ver cómo perciben su situación. Por ello, tomando las palabras del productor, lo que más le preocupa y desea mejorar es el resultado económico y el estado de degradación de sus recursos naturales. El productor también identifica que gasta mucho dinero en productos químicos y asocia esto como principal causa de su bajo resultado económico. De lo anterior se desprenden los siguientes criterios para evaluar las alternativas productivas:

1. Margen bruto por año: es un indicador familiar para el productor y bastante sencillo de medir o de encontrar información aproximada en bibliografía. Incorpora los gastos directos y por lo tanto tiene en cuenta el uso de productos químicos. Para este caso, el criterio es cuantitativo y la medida es en pesos (\$). El valor para cada alternativa se obtuvo a partir de datos concretos del productor, de la revista márgenes agropecuarios (2019), de bibliografía (Ferrere, P.; Signorelli A.; Cabrini, S. 2020; Ley ovina) y de consultas a referentes sobre las distintas producciones.
2. Inversión: es un criterio útil cuando hay alternativas a evaluar que son nuevas para el productor y que requieren de una inversión extra como pueden ser instalaciones o la compra y plantación de especies forestales. Para evaluar la inversión de la alternativa silvopastoril, se hicieron consultas a la Estación Forestal de INTA 25 de mayo, a la Dirección Forestal del Ministerio de Producción de la provincia de Buenos Aires y a un vivero y plantadora local. La alternativa intensificación con ovinos también requiere de cierta inversión para aumentar el número de animales y de lotes alambrados para su manejo. Para este caso, el criterio es cualitativo y la medida es un valor subjetivo de 1 a 5 (bajo-alto).
3. Percepción del riesgo en la cadena productiva: se refiere al grado de incertidumbre que puede tener el productor al hacer algo distinto, incluye la idea de que la producción fracase, que no rinda lo esperado o que haya complicaciones en la comercialización. En este caso las alternativas disminución en el uso de insumos químicos y silvopastoril presentan incertidumbre respecto de la producción a obtener y de la comercialización, respectivamente ya que son alternativas que en las que no tiene experiencia. Para este caso, el criterio es cualitativo y la medida es un valor subjetivo de 1 a 5 (bajo-alto).
4. Esfuerzo de cambio y de gestión: implica el mayor o menor esfuerzo que tendrá que hacer el productor en cada alternativa respecto de la situación actual. En las actividades nuevas, en las que no se tiene practica y en las que hay que aprender a usar nuevas técnicas el esfuerzo será mayor, ya sea para adaptar el sistema o aprender

nuevos manejos. Para este caso, el criterio es cualitativo y la medida es un valor subjetivo de 1 a 5 (bajo-alto).

5. Estado del suelo y biodiversidad: se refiere a la fertilidad física, química y biológica del suelo y el ambiente. Visualmente se puede inferir un mejor o peor estado a partir de su color, porosidad, presencia de lombrices y algunas especies vegetales indicadoras de fertilidad. La bibliografía sobre el tema asocia distintas prácticas de manejo al estado de los suelos (Iermano y Sarandon, 2018; Abbona y Sarandon, 2014; Cerdá, Sarandon y Flores, 2014, Fernandez, Marasas y Sarandon, 2019). En base a la misma se puede inferir que las prácticas asociadas a la agroecología mejoran el estado del suelo y del sistema. Lo mismo ocurre con la biodiversidad, tanto a aquella referida a la diversidad de organismos en el suelo como en el ambiente (Iermanó, Sarandon, Tamagno y Maggio, op. cit.). Para este caso, el criterio es cualitativo y la medida es un valor de 1 a 5 (bajo-alto).

(d) determinación de los valores para cada criterio en cada alternativa:

Una vez definidas las alternativas y los criterios para su evaluación, se armó una tabla de doble entrada, en la cual se asignaron valores numéricos cuantitativos y cualitativos, según el comportamiento de cada criterio en cada alternativa.

Tabla 8.1. Matriz de decisión

Alternativas/Criterios:	Resultado económico	Inversión inicial	Percepción del riesgo de producción	Esfuerzo de cambio y gestión	Estado del suelo y biodiversidad
	(MB/año)	(cualit.)	(cualit.)	(cualit.)	(cualit.)
Tendencial	282.000	1	1	1	1
disminución gradual	561.144	1	4	1	3
Intensif, con ovinos	567.584	3	2	2	3
Silvopastoril	746.605	5	3	3	5
Objetivo	max	min	min	min	max
Preferencia	V. lineal	Usual	Usual	Usual	Usual
PESO	8	5	8	5	10
w normalizado	22,2%	13,9%	22,2%	13,9%	27,8%
Rango	464.605	NC	NC	NC	NC
qj	46.461	NC	NC	NC	NC
pj	418.145	NC	NC	NC	NC
p-q	371.684	NC	NC	NC	NC

En la matriz se observa que la valoración de cada criterio muestra diferencias entre las alternativas. Los criterios ambientales (estado del suelo y biodiversidad) valoran como mejor alternativa a la silvopastoril, el criterio sociocultural (percepción del riesgo de producción y esfuerzo de cambio y gestión) valoran como mejor a la alternativa tendencial y como peor a la alternativa silvopastoril. En cuanto a los criterios económicos, el margen bruto valora mejor a la alternativa silvopastoril y peor a la tendencial, y de manera inversa es la valoración del criterio inversión inicial sobre las mismas alternativas. Todos los criterios valoran a la alternativa intensificación con ovinos de manera intermedia o moderada, es decir que en general no es ni la peor ni la mejor según estos criterios, exceptuando la percepción del riesgo de producción, que resulta ser positiva, ya que se trata de una actividad conocida por el productor.

Luego el tomador de decisiones asignó un peso, es decir un valor de 1 a 10 en función de la importancia que tiene para él, cada criterio (1=menor importancia; 10=mayor importancia). Estos valores pueden observarse en la matriz de decisión al igual que el objetivo planteado para cada criterio, es decir si se busca su maximización o minimización.

Resultados

La aplicación del algoritmo PROMETHEE arroja valores de fortalezas, debilidades y balance neto que se derivan de la matriz de decisión y se resumen en el siguiente gráfico (Figura 8.1):

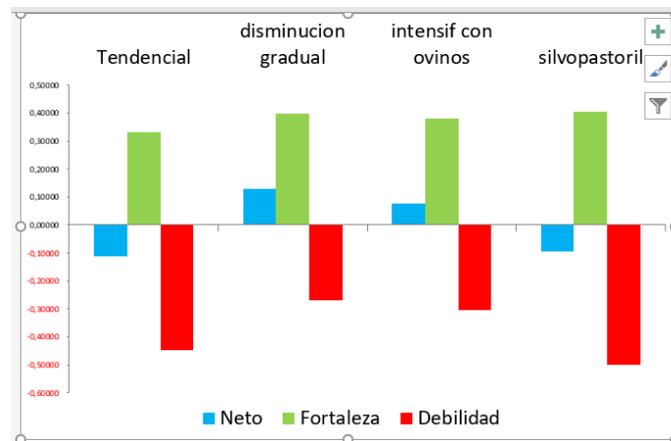
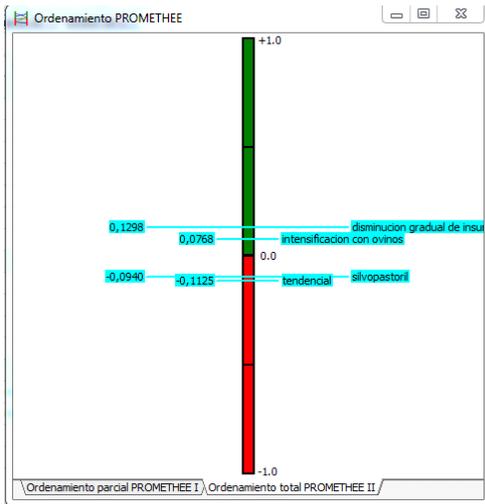


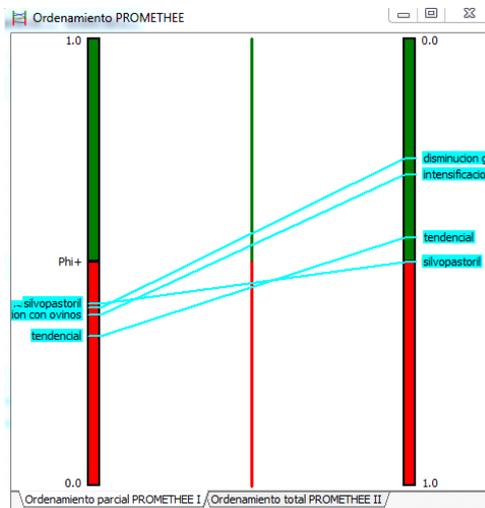
Figura 8.1: Ordenamiento de alternativas.

Se observa que la alternativa disminución gradual de insumos se presenta como la mejor, en comparación con las demás. Presenta mejor resultado neto y menores debilidades, aunque no presenta las mayores fortalezas, siendo superada en este último aspecto por la alternativa silvopastoril. El programa Visual Promethee brinda los siguientes gráficos (Figuras 8.2, 8.3 y 8.4):



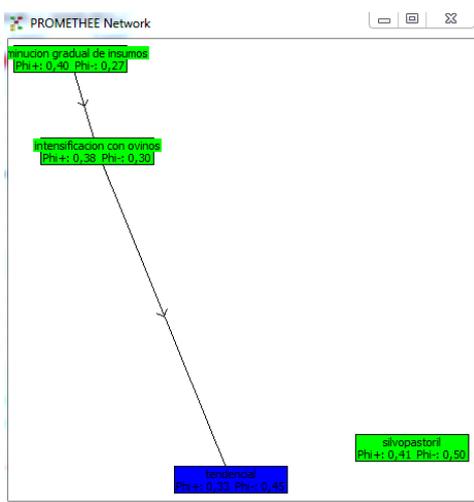
Muestra el ordenamiento de alternativas en base a la diferencia entre fortalezas y debilidades (valor neto).

Figura 8.2. Ordenamiento neto de alternativas



Puede observarse que la alternativa disminución gradual de insumos tiene las menores debilidades (barra derecha) pero no presenta las mayores fortalezas (barra izquierda). La alternativa silvopastoril se ubica en tercer lugar en cuanto a su orden neto de preferencia y es la de mayores fortalezas y mayores debilidades.

Figura 8.3: Ordenamiento con fortalezas y debilidades



Este gráfico muestra cada alternativa en nodos, las flechas indican la preferencia de una alternativa sobre las demás. Disminución gradual es de preferencia completa sobre intensificación con ovinos y tendencial pero no respecto de silvopastoril. Intensificación con ovinos es la segunda alternativa preferida y silvopastoril la tercera, que además supera en fortalezas a todas.

Figura 8.4: Gráfico de redes

Las fortalezas y debilidades de cada alternativa dependen de las preferencias de los decisores, dado que se determinan a partir de los pesos asignados a cada criterio. En este caso el perfil del productor valora el cuidado de los recursos naturales y también espera mejorar el retorno económico. Si el perfil del productor priorizara ante todo la conservación de los recursos naturales, asignaría más peso a esos criterios respecto de los económicos o sociales (por ejemplo, daría un valor de 10 al criterio estado del suelo y biodiversidad y 1 al resto de los criterios). El ordenamiento de alternativas resultante sería distinto como puede verse a continuación:

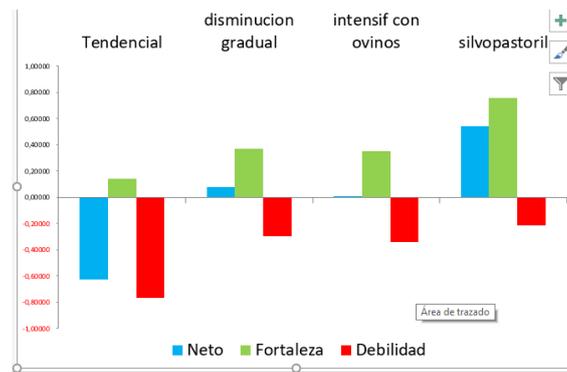


Figura 8.5: Ordenamiento de alternativas para un perfil conservacionista de los recursos naturales

Al priorizarse el cuidado de los recursos naturales, la mejor alternativa resulta ser la silvopastoril por su resultado neto, sus mayores fortalezas y menores debilidades. Si el perfil del actor que toma la decisión fuera economicista, es decir que le da mucho más valor al resultado económico que a los demás criterios, (por ejemplo, valorando con 10 el peso que da al margen bruto y a inversión y con 1 al resto de los criterios), el resultado sería como se ve en la figura siguiente:

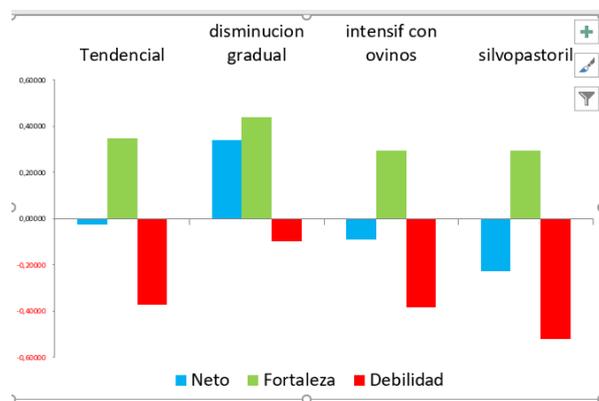


Figura 8.6: Ordenamiento de alternativas para un perfil economicista

En este caso, la alternativa disminución gradual del uso de insumos resulta ser la mejor para este perfil de productor.

Conclusiones

Los métodos multicriterio como el PROMETHEE son de utilidad para técnicos y productores, ya que brindan un ordenamiento de alternativas según los objetivos planteados, ayudando a la toma de decisiones.

El objetivo del estudio de caso fue contribuir al análisis de opciones productivas posibles para un productor familiar del sudoeste de la provincia de Buenos Aires que desea vivir de la producción del campo sin degradar los recursos naturales. Es decir que el perfil de este productor persigue principalmente objetivos económicos y de conservación de sus recursos naturales.

Los gráficos obtenidos permiten visualizar fácilmente el ordenamiento de las alternativas. Para este productor, se observa la dominancia de la alternativa reducción gradual de insumos sobre las demás (aunque no de preferencia completa) ya que silvopastoril presenta mayores fortalezas.

La preferencia completa (mayores fortalezas y menores debilidades) serían deseables para obtener mayor consistencia metodológica respecto del ordenamiento resultante. Se puede decir que esta situación se da solamente respecto de las alternativas intensificación con ovinos y tendencial.

En los gráficos también se observa, a partir de los colores, que las alternativas basadas en el uso de insumos (color azul) son menos preferidas que las que se basan en técnicas que utilizan procesos, asociadas a la agroecología (color verde).

Además, se puede constatar que la decisión más acertada varía según los objetivos que se persigan. En este caso se plantearon objetivos económicos y ambientales extremos para graficar el impacto de la subjetividad del tomador de decisiones en el resultado final.

Es importante tener en cuenta que en general, los productores familiares persiguen la disminución del riesgo y la incertidumbre que los lleva a diversificar su producción, por lo tanto, es muy factible que se inclinen por las dos o tres alternativas mejores y no por una sola.

De hecho, en la práctica, la transformación hacia un sistema sustentable que le permita permanecer en el medio rural y vivir del campo comienza, en este caso, por implementar la disminución gradual en el uso de insumos químicos reemplazándolos por técnicas de manejo agroecológicas y por la intensificación de la producción ovina.

Para profundizar este análisis se podría incorporar mayor cantidad de valoraciones cuantitativas de los criterios con el fin de proporcionar información objetiva de las alternativas. Esto proporcionaría información útil para un amplio abanico de agricultores familiares de la zona del sudoeste.

Por último, se resalta que, en la práctica, la agricultura familiar suele, hibridar las alternativas disponibles tratando de obtener lo mejor de cada una, impactando su subjetividad en la elección final, por lo que este método aporta elementos para el análisis de cada alternativa y la toma de decisión sin dejar de tener en cuenta los objetivos del sistema familia-explotación.

Agradecimiento

Se agradece al productor agropecuario Mario Schwindt de Coronel Suárez por brindarnos sus conocimientos y opiniones para el análisis multicriterio de alternativas productivas para su campo.

Referencias bibliográficas

- Abbona E. & Sarandon S. (2014). Manejo de nutrientes en los agroecosistemas. En Agroecología: bases teóricas para el diseño y manejo de agroecosistemas sustentables. UNLP. En línea: <https://libros.unlp.edu.ar/index.php/unlp/catalog/book/72>
- Alonso L.; Ronco A.& Marino D. (2014). Niveles de glifosato y atrazina en aguas de lluvia de la región Pampeana. V Congreso SETAC ARG.
- Azcuy Ameghino E. & Martínez Dougnac G. (2011). La agricultura familiar pampeana no es un mito, pero es cada vez más un recuerdo. En: Repensar la agricultura familiar. López Castro N. y Prividera G. (compiladores). Ediciones Ciccus. Argentina pp: 33-43.
- Bilello G.; Pérez R.; Giordano G.& Huinca D. (2011). Productores ganaderos familiares y modernización. VII Jornadas Interdisciplinarias de Estudios Agrarios y Agroindustriales. Buenos Aires 2011. En CD.
- Bravo G., Dorado G., Chia E. (1994). Fonctionnementm del'exploitation agricoloe et analyse de la diversité Dans une perspective de développement rural. Reserches Systeme en agriculture y developpement rural. Simposium International. Montpellier, 21-25 novembre. Traducido por Raul Perez.
- CEPAL (2005). Navarrete M., Gallopín G., Blanco M., Díaz-Zorita M., Ferraro D., Herzer H., Laterra P., Morello J., Murmis M.R., Pengue W., Piñeiro M., Podestá G., Satorre E.H., Torrent M., Torres F., Viglizzo E., Caputo M.G. y Celis A.. Análisis sistémico de la agriculturización en la pampa húmeda argentina y sus consecuencias en regiones extrapampeanas: sostenibilidad, brechas de conocimiento e integración de políticas. CEPAL - SERIE Medio ambiente y desarrollo N° 118. Chile 65 pp.
- Cerdá E., Sarandón S., Flores C. (2014). El caso de “la aurora”: un ejemplo de aplicación del enfoque agroecológico en sistemas extensivos del sudeste de la provincia de Buenos Aires, Benito Juárez, Argentina. En Agroecología: bases teóricas para el diseño y manejo de agroecosistemas sustentables. UNLP. En línea: <https://libros.unlp.edu.ar/index.php/unlp/catalog/book/72>
- Cittadini, R., Burges, J., Hamdan, V., Natinzon, P, Pérez, R. y Dedieu B. (2001). Diversidad de sistemas ganaderos y su articulación con el sistema familia. Revista Argentina de Producción Animal. Vol 21 N. 2 p.119-135. Balcarce.
- Darré J. P. (1996). La invención de prácticas en la agricultura. Ediciones Karthala, Paris.
- De Prada, J., Degioanni, A., Cisneros, J., Gil H., Plevich, O., Chilano, Y., Pereyra C., Cantero, A. (2014). Análisis multicriterio y selección interactiva del uso agrario de aguas residuales tratadas, Adelia María, Córdoba, Argentina. European Scientific Journal January vol.10, No.2 ISSN: 1857 – 7881 (Print) e - ISSN 1857- 7431.
- Fernández, V.; Marasas, M. & Sarandón, S. (2019). Indicadores de Heterogeneidad vegetal. Una herramienta para evaluar el potencial de regulación biótica en agroecosistemas hortícolas del periurbano platense, provincia de Buenos Aires, Argentina. Revista de la Facultad de Agronomía, La Plata 2, vol 118, ISSN 0041-8676 - ISSN (on line) 1669-9513.
- Ferrere, P.; Signorelli A.; Cabrini, S. (2020). Análisis productivo y económico de sistemas silvoapícolas pastoriles en el norte de la provincia de Buenos Aires. Revista RIA. Vol 46, n 1.
- Giordano, G.; Pérez M.& Pérez R. (2017). Ordenanzas que restringen el uso de agroquímicos: análisis de la experiencia de Villa San José, provincia de Santa Fe. Rev. Fac. Agron. Vol 116 (2): 279-286.

- Iermanó, M. J. & Sarandón S. (2018). Eficiencia en el uso de energía en sistemas agrícolas y mixtos en la región pampeana argentina. Su relación con procesos ecológicos. En: *Sistemas extensivos de la región pampeana. Un abordaje agroecológico*. Coordinación general de Liliana Gallez; Cecilia N. Pellegrini. -1.a ed.- Bahía Blanca: Editorial de la Universidad Nacional del Sur. Ediuns. Libro digital, PDF.
- Iermanó, M.J.; Sarandón S.; Tamagno N. & Maggio A. D. (2015). Evaluación de la agrobiodiversidad funcional como indicador del “potencial de regulación biótica” en agroecosistemas del sudeste bonaerense. *Rev. Fac. Agron. Vol 114 (Núm. Esp. 1): 1-14.*
- Lageyre L. E. (2013). Estabilidad y sustentabilidad de los sistemas agropecuarios mixtos en el sudoeste bonaerense: análisis económico de un caso en el partido de Guaminí (Tesis de Maestría). Universidad Nacional del Sur. Argentina. Disponible en: https://inta.gov.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_tesis-lageyre-documento_final_.pdf
- Majid Behzadian, R.B. Kazemzadeh, A. Albadvi, M. Aghdasi (2010). PROMETHEE: A comprehensive literature review on methodologies and applications. *European Journal of Operational Research* 200, p: 198–215.
- Montoya, J.C.; Porfiri, C.; Roberto, Z.; Viglizzo, E. (2018). Vulnerabilidad de acuíferos a la contaminación por plaguicidas en la zona agrícola de la provincia de La Pampa, p 37. En: *Productividad y medio ambiente: ¿enfoques a integrar o misión compartida?* / Pamela Azcarate ... [et al.]; compilado por Pamela Azcarate; Carolina Porfiri; Jorgelina Montoya. - 1a ed. – Anguil, La Pampa: Ediciones INTA. Libro digital, PDF.
- Revista: *Márgenes Agropecuarios*. Año 2019.
- Propersi, P., Zuliani S., Santecchia M., Pérez R. y Pérez M. (2013). Construcción de cadenas cortas de valor. Pasteurización de leche agroecológica en el Municipio de San Genaro, Santa Fe. *Actas VIII Jornadas Interdisciplinarias de Estudios Agrarios y Agroindustriales*. CABA.
- Requesens, E. y L. Silva (2011). Tendencias en el uso de la tierra y diversidad productiva en establecimientos agropecuarios del centro-sur de la provincia de Buenos Aires (Argentina). *Rev. Agriscientia*, vol. xxviii: 75-83
- Sarandón S., Flores C., Abbona E, Iermanó MJ, Blandi ML, Oyhamburu M. (2015). Uso de agroquímicos en la Provincia de Buenos Aires, Argentina: las consecuencias de un modelo agropecuario. SOCLA. Congreso latinoamericano de agroecología.
- Scheinkerman de Obschatko, E. (2009). *Las explotaciones familiares en la República Argentina: un análisis a partir de los datos del Censo Nacional Agropecuario 2002*. 1 Ed-Buenos Aires: Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura-Argentina.
- Tittonell P. (2019). Las transiciones agroecológicas: múltiples escalas, niveles y desafíos. *Revista FCA UNCUYO*. 51: 231-246. ISSN (en línea) 1853-8665.
- Zamora M., Barbera A., Carrasco N. y Malaspina M. (2018). Agroecología a gran escala: productividad, costos directos y márgenes comparada con un modelo de agricultura industrial en el centro-sur de Buenos Aires, Argentina. SOCLA. Ecuador.
- Zazo F.; Flores C.; Sarandon S. (2011). El “costo oculto” del deterioro del suelo durante el proceso de “sojización” en el Partido de Arrecifes, Argentina. *Revista Brasileira de Agroecología* 6(3):3-20. ISSN:1980-9735.

CAPÍTULO 9

Propuestas de conservación del bosque de caldén de la provincia de Córdoba, visión 2035

Tello D.³³; de Prada J.³⁴; Cristeche E.³⁵

Resumen

Este capítulo aborda el problema de la deforestación y la degradación del bosque nativo de Caldén con riesgos de pérdida de biodiversidad-capacidad de adaptación del ecosistema, esto incluye: pérdida de especies endémicas y de capacidad de regulación hídrica y protección del suelo, entre otras. El área de estudio corresponde al Corredor Biogeográfico del Caldén de 670.000 hectáreas. Se simuló el impacto de seis alternativas de política: A_I. Tendencial, A_II. Desregulación de la conservación del bosque, A_III. Programa de Extensión con Prohibición, A_IV. Programa de Extensión sin prohibición, A_V. Programa de Reforestación del Bosque con Prohibición. Estas alternativas fueron evaluadas a partir de siete criterios de

33 Investigador Asistente ISTE CONICET-UNRC. Docente Facultad de Ciencias Económicas, Universidad Nacional de Río Cuarto. Contacto: dtello@fce.unrc.edu.ar

34 Docente del Departamento de Economía Agraria, Facultad de Agronomía y Veterinaria, Universidad Nacional de Río Cuarto. Contacto: jdeprada@ayv.unrc.edu.ar

35 Investigadora del Centro de Investigación en Economía y Prospectiva. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Contacto: cristeche.estela@inta.gob.ar

sostenibilidad: 1. Superficie de bosque, 2. Beneficios privados percibidos por los productores agropecuarios, 3. Transferencias del Estado, 4. Valoración económica del bosque por parte de la población urbana, 5. Generación de empleo, 6. Esfuerzo político institucional, y 7. Riesgo de conflictividad socioambiental. La aplicación de la técnica multicriterio discreta se llevó a cabo considerando las preferencias de perfiles de decisores teóricos y las expresadas por asistentes a un taller. En ambos casos, los resultados muestran un marcado consenso en la selección del programa de reforestación con prohibición de deforestación por tratarse de la alternativa con mejor desempeño general, mientras que la desregulación constituyó la de peor desempeño. Esta última constituye la alternativa de mejor desempeño únicamente en el caso en que se priorizan criterios de libre mercado. Se concluye que la aplicación de métodos multicriterio facilita la toma de decisiones permitiendo evaluar alternativas de política con una mayor amplitud de criterios, en comparación con herramientas de evaluación clásicas como al análisis costo-beneficio, dejando en evidencia la existencia de conflictos y sinergias entre criterios, y abriendo la posibilidad de su reconocimiento y abordaje por parte de los actores involucrados.

Introducción

Los bosques nativos son considerados cada vez más importantes por la sociedad por los múltiples beneficios que brindan. La deforestación y la pérdida de biodiversidad constituyen una de las principales problemáticas ambientales percibidas por la sociedad a nivel global (IPSOS, 2018). Tradicionalmente, los bosques eran apreciados por sus productos forestales, en particular maderables. Actualmente los bosques son valorados por la sociedad considerando la provisión de múltiples productos forestales maderables y no maderables, así como también por otros múltiples servicios ecosistémicos, esencialmente de: regulación (del clima, del agua, y del suelo) y culturales (MEA, 2005). Sobre la base de esta nueva percepción existe un mayor involucramiento de la ciudadanía para conservar el bosque nativo involucrados de manera activa en el diseño, y la fiscalización de las políticas de conservación de bosques, expresado a través de diversos métodos de participación (Bruna-García y Marey-Pérez, 2014).

En este marco, los Estados nacionales se encuentran revisando sus políticas a los fines de incorporar el enfoque multidimensional de los bosques nativos, así como el diseño de estrategias de participación para la inclusión de nuevas voces de actores sociales emergentes. En los últimos años las legislaciones forestales nacionales han sido revisadas, incorporando el uso forestal múltiple (maderable, no maderable y de servicios ecosistémicos) y los procesos participativos para el diseño de la política (FAO, 2010). Adicionalmente, las legislaciones han incorporado mecanismos de adopción voluntarios combinados con los mecanismos obligatorios. A los mecanismos de adopción obligatoria, también conocidos como “comando y control”, i.e. dispositivos normativos de cumplimiento obligatorio, que restringen o prohíben determinados comportamientos del productor (Izko y Burneo, 2003) se acoplaron mecanismos de adopción voluntaria i.e. instrumentos que promueven comportamientos en el productor a partir de incentivos económicos (Rudas Lleras, 1998).

De esta forma, la decisión por una política de conservación de bosques ha adquirido mayor complejidad. Actualmente, la elección de una política de conservación de bosques nativos incluye varios actores con intereses concretos, muchas veces conflictivos. Cáceres *et al.* (2015) señalan una diferencia significativa entre los agricultores de subsistencia, extensionistas y políticos, que valoran una multiplicidad de beneficios de los bosques, en tanto los grandes

productores agrícolas y ganaderos valoran un número reducido de beneficios de los bosques. En general, los productores, prefieren políticas de desregulación y adopción voluntaria, en tanto, las políticas de comando y control, son resistidas por los mismos (Izko y Burneo, 2003). Por el contrario, en el caso de, las políticas de comando y control son bien recibidas por las organizaciones ambientales y ciudadanía general, en tanto, la voluntariedad de las políticas de incentivos no suele cumplir con los intereses sociales (Cabrol y Cáceres, 2016).

Por otro lado, una alternativa de política puede ser evaluada por múltiples criterios, que en muchos casos pueden evidenciar trade off, evaluaciones favorables para algunos criterios y desfavorables para otros. Chopra *et al* (2005), señala para la elección de la política es necesario evaluar su efectividad, eficiencia, flexibilidad, así como la factibilidad política, entre otros criterios. Assunção, Gandour y Rocha (2013) analizan la efectividad de los mecanismos de prohibición para reducir la deforestación en la amazonía brasileña y demuestran que ésta no solo resulta ser una herramienta efectiva sino que también los beneficios por evitar la deforestación superan a los gastos de control y vigilancia. Adicionalmente, Brown *et al.* (2001) analizan el impacto de la política de prohibición de la deforestación en seis países de la región Asia-Pacífico y concluyen que las prohibiciones son instrumentos efectivos, pero en el corto plazo. Por su parte, Engel *et al.* (2008) realizan una revisión de los mecanismos voluntarios y recomiendan que estos mecanismos debieran considerarse solo cuando existe un bajo costo de oportunidad. En el caso de políticas combinadas, Lambin *et al.* (2014) describen de manera individual cinco instrumentos: uno de carácter obligatorio (comando y control), y cuatro de carácter voluntario (ecocertificación, denominación de origen, mesas de negociación, y pagos por SE) y luego analiza la interacción entre éstas. Estos autores concluyen que la combinación de políticas restrictivas y voluntarias logra una buena efectividad en la conservación.

En este marco, los métodos de apoyo a la decisión multicriterio discreto (AMCD) constituyen una herramienta útil para evaluar y seleccionar la mejor política de conservación del bosque considerando múltiples criterios y la inclusión de preferencias de diferentes actores (Kangas, Kangas y Kurttila, 2008). En este sentido, para analizar la percepción de diferentes actores sociales, Sheppard y Meitner (2005) aplican PROMETHEE para evaluar alternativas de manejo forestal de la Columbia Británica (Canadá) para cinco tipos de actores sociales. Los autores encuentran que actores con diferentes preferencias (grupos forestales, colectivos ambientales, propietarios de tierras y expertos) obtienen similares ordenamientos de alternativas de políticas. En otro análisis, Abedi y Ghamgosar (2013) aplican ELECTRE para evaluar tres alternativas de manejo del bosque nativo de la región de Guilan en Irán, considerando 14 criterios. Los resultados indican que un manejo de conservación del bosque para esa región es la mejor alternativa por sobre la estrategia comercial y recreativa, porque el estado actual del bosque está degradado y es esencial preservar el bosque para mejorar su estado de conservación.

El objetivo de este capítulo es diseñar y evaluar alternativas de política de conservación del bosque nativo por múltiples actores sociales en el Corredor Biogeográfico del Caldén (CBC), en la provincia de Córdoba, Argentina.

Materiales y métodos

El área de estudio es el CBC (Figura 9.1). En el año 2003 la provincia de Córdoba declaró de interés público el CBC como estrategia de ordenamiento territorial y conservación ambiental con un área de aproximadamente 670 mil ha localizadas en el Suroeste de la

Definición de políticas

Se identificaron cinco alternativas políticas: A1) Tendencial, constituye la proyección del comportamiento actual de los productores si se mantiene la misma política que la vigente. Por otro lado, las cuatro alternativas diseñadas son: A2) Desregulación de la Conservación del Bosque; A3) un Programa de Extensión para el Uso Múltiple del Bosque con Prohibición (de deforestación); A4) Programa de Extensión para el Uso Múltiple del Bosque; y A5) un Programa de Reforestación del Bosque con Prohibición (de deforestación).

A_1. Tendencial: constituye la situación de referencia, proyectando el comportamiento económico actual de los productores con bosque de Caldén. La Ley vigente de conservación de bosques nativos (N°26.331) constituye la combinación de un Esquema de Compensación por Servicios Ecosistémicos no comerciales y Penalidades por Deforestación. Si se mantiene la política actual, las tierras de bosque de Caldén en Córdoba son consideradas de alto o mediano valor de conservación. Por lo tanto, el Estado compensará anualmente a los productores con un monto promedio de \$50 por hectárea de bosque. Además, si algún productor deforesta, la multa varía entre “un mínimo de cinco (5) y un máximo de quinientos (500) salarios básicos del peón rural por cada hectárea en infracción” (Ley 9814, 2010). La implementación de la política cubre los gastos de vigilancia y fiscalización.

A_2. Desregulación de la conservación del bosque (DCB): consiste en eliminar las restricciones legales, así como áreas del Estado con competencia en la administración del bosque, para permitir el libre funcionamiento del mercado. De esta forma, el productor agropecuario percibe beneficios netos por la venta de bienes y servicios en el mercado, y si los beneficios netos agrícolas y/o ganaderos son mayores a los beneficios netos obtenidos del remanente de bosque, el productor agropecuario puede deforestar.

A_3. Programa de Extensión de Prácticas para el uso múltiple del bosque con prohibición (PEUMB + P): consiste en adicionar a la alternativa Tendencial, un Programa de Extensión que transfiera capacidades al productor para desarrollar un sistema de producción integrando tierra de cultivo y bosque que permita el uso múltiple del bosque (p.e. apicultura, ganadería y otros productos silvícolas). Existe evidencia de que es posible triplicar los beneficios comerciales que actualmente obtiene del bosque a partir de este tipo de sistemas (Coirini y Karlin, 2011). Para alcanzar estos beneficios es necesario realizar inversiones de apotreramiento, distribución de aguada, y cambios en la modalidad de manejo del ganado. Estas inversiones privadas están a cargo del productor y se estiman en un valor de \$ 4.000 ha⁻¹. Para la implementación de este programa se estima una transferencia promedio anual de \$ 1.248 ha⁻¹ de bosque en dos años. Este monto es equivalente al valor del programa bosque modelo de Jujuy, Argentina (Outon, 2002).

A_4. Programa de Extensión de Prácticas para el uso múltiple del bosque (PEUMB): esta alternativa es similar a la precedente sin la prohibición de la deforestación. De esta forma, el productor agropecuario puede realizar la venta de bienes y servicios en el mercado; y si los beneficios agrícolas son mayores a los beneficios obtenidos del nuevo modelo tecnológico adoptado del bosque, el productor agropecuario puede deforestar.

A_5. Programa de Reforestación del Bosque con Prohibición (PRB + P): consiste en un programa para ampliar el área de bosque nativo de caldén mediante la reforestación de 36.467 hectáreas (equivalente a un 47% la superficie actual de tierras con bosque) en un período de 20 años e integra las políticas A1 y A3. El Estado implementa de manera conjunta: i) un

subsidio para reforestación de caldén por única vez, ii) el programa de extensión para el uso múltiple del bosque, iii) la prohibición de la deforestación en la superficie actual de bosque, y iv) compensación por BSE no comerciales. En este sentido, el productor agropecuario tendrá prohibido deforestar el bosque, pero recibirá un subsidio para la reforestación, y la compensación por BSE no comerciales por la superficie de bosque que posea y reforeste. El subsidio toma como referencia la ley de inversiones para bosques cultivados (Ley 25080, 1998). En la provincia de Córdoba, se paga un aporte económico no reintegrable para reforestación (plantación) de especies nativas por única vez, de \$ 9.782 por ha hasta las 300 ha (equivalente al 80% del costo de plantación), y un pago de \$ 2.445 entre las ha 301 y 500 (equivalente al 20% del costo plantación) (SAyGP, 2015) en tanto, el productor se hace cargo del 20% y 80% del costo de plantación, respectivamente.

Evaluación de las políticas

Para evaluar las alternativas de política de conservación del bosque nativo se utilizó el método de ayuda a la decisión multicriterio discreto PROMETHEE I y II (J. P. Brans y Vincke, 1985) integrando los resultados: a) análisis beneficio costo (ABC) privado de modelos prediales; b) un estudio de valoración contingente (VC) realizada a la población urbana de la región para valorar los BSE del bosque, y c) datos secundarios para considerar la dimensión social. El método PROMETHEE subsume el ABC, que es usado para: a) predecir el impacto de la política en el comportamiento del productor en relación a la deforestación, y b) valorar los BSE que provee el bosque por la población urbana en función de la superficie del RBN en los EA. Para PROMETHEE se utilizó el procedimiento descrito en el capítulo de la guía metodológica del presente libro; para el ABC se utilizó el procedimiento desarrollado en Pearce *et al.* (2006); y para la VC se utilizó el procedimiento de Bateman *et al.* (2002).

Derivación de los criterios

De los siete criterios, cinco son cuantificados a partir de los resultados agregados de los Análisis Beneficio Costos (ABC) obtenidos de los modelos prediales de los 215 EA con bosque nativo dentro del CBC. Para un mayor detalle ver Tello, de Prada y Cristeche (2018). Los dos criterios restantes son elaborados en base a información secundaria y consulta a expertos.

1. Beneficios privados de los productores agropecuarios (BPPA): medidos en \$/año, como la suma de los beneficios netos operativos que los productores esperan percibir tras la implementación de la política. El Equivalente Anual del Valor Presente Neto (EAVPN) es calculado para cada productor mediante el flujo económico que considera según corresponda inversión la deforestación y el flujo o inversión la política ambiental en un período de 20 años, usando un costo de oportunidad de 12%. El objetivo para este criterio es maximizar.

2. Transferencias (T): medidas \$ año⁻¹, son los fondos públicos usados para inducir el comportamiento en los productores. Para la construcción de este indicador se considera el monto que debe transferir el Estado a los productores tras la implementación de la política. Este criterio no incluye el costo de implementación de la política. Se trata de un criterio económico cuyo objetivo es minimizar.

3. Valoración económica del bosque de la población urbana (VEBPU): medido en \$ año⁻¹, se aplica a la disposición a pagar (DAP) por el incremento de la superficie de bosque o como

compensación por la pérdida de utilidad percibida por la población a causa de la deforestación. En el caso en que el RBN se mantiene en el estado presente, su valor es cero. El objetivo para este criterio es maximizar y es concebido como un criterio social que representa la afectación del bienestar de la sociedad asociado a las distintas alternativas de política evaluadas. Los datos de este criterio fueron obtenidos a partir de una encuesta de valoración contingente realizada a pobladores urbanos de dos localidades (Río Cuarto y Villa Huidobro) donde se estimó el valor económico asignado al bosque de caldén por la población urbana del sur de Córdoba (D. Tello, J. de Prada, y E. Cristeche, 2018).

4. *Superficie de bosque (SB)*: medido en hectáreas, es la superficie de bosque que conservan los productores tras la implementación de las diferentes políticas. Es entendido como un criterio ambiental, cuyo objetivo es maximizar, partiendo de la presunción de que una mayor superficie de bosque está asociada a una mayor provisión de servicios ecosistémicos.

5. *Generación de empleo (GE)*: número de empleados permanentes (derivado de las actividades j que se realizan en el $[[EA]]_i$). Se trata de un criterio social cuyo objetivo es maximizar. Para estimar la generación de puestos de trabajo en actividades agropecuarias se utilizaron: a) los coeficientes técnicos estimados de Visintini *et al.* (2007) en base a la matriz insumo producto 1997 de Argentina; b) un coeficiente para la silvicultura que se toma de la matriz insumo producto; y c) coeficiente de apicultura tomado de Apícola (2013). Con esta información se estima por cada 100 hectáreas, 1 puesto de trabajo para actividades agrícolas y apícolas, 4 para actividades ganaderas y 7 para actividades silvícolas (poda, raleo y extracción forestal) (Cisneros *et al.*, 2011).

En términos generales, se presentan los resultados combinados del ABC privado y la encuesta de valoración contingente:

Tabla 9.1. Principales indicadores del ABC y de la encuesta de Valoración Contingente

Alternativas	SB		BPPA	T	VEBPU	GE
	Hectáreas	EA c/BN	\$mill/año	\$mill/año	\$mill/año	Cantidad
A_1. Tendencial	77.589	215	4	0	5	3.080
A_2. DCB	52.953	103	26	-71	0	2.461
A_3. PEUMB + P	77.589	215	30	0	27	4.457
A_4. PEUMB	57.709	121	41	-57	20	3.614
A_5. PRB + P	114.056	219	76	105	71	5.815

Nota: SB: Superficie de bosque; BPPA=beneficio privado productores agropecuarios; T=transferencias; VEBPU=valor económico del bosque para la población urbana; GE: Generación de Empleo. Fuente: Elaboración propia

El modelo de ABC privado y la encuesta de valoración contingente predicen que no hay una alternativa óptima, por ello, se requiere de un análisis multicriterio. Si se considera la superficie de bosque, se requiere de políticas combinadas con prohibición, de lo contrario, existe incentivo a la deforestación y consecuentemente pérdidas del valor económico del bosque percibido por la población urbana. La desregulación de la conservación del bosque, es la alternativa de mayor incentivo a la deforestación, de los 215 EA, 103 EA deciden conservar el bosque y 112 productores deciden deforestar, esto implica una pérdida de la superficie actual del bosque de aproximadamente 34 % (Tabla 9.1). Con la implementación del programa PEUMB, se incrementa los EA que deciden conservar (121) i.e. 18 productores desisten deforestar en comparación con la alternativa DCB, sin embargo, en 94 EA persiste el incentivo a deforestar. Estas alternativas (DCB y PEUMB) generan una percepción negativa sobre la población urbana y se expresa en una pérdida en términos del valor económico, de aproximadamente \$ 71 y \$ 57 millones anuales respectivamente. Por el contrario, las alternativas con prohibición generan valores neutros o positivos. Este resultado pone en evidencia que solamente con compensación por SENC, y asistencia técnica en mejoras tecnológicas no son suficientes para mantener el área actual del bosque nativo, y que la clave tanto de la política actual, como de los programas de extensión y reforestación, es una prohibición disuasiva. De la misma forma, la prohibición solamente no sería suficiente, dado que su cumplimiento depende del esfuerzo que realiza el Estado, y no genera por sí misma un cambio de conciencia y de actitud frente a la conservación del bosque nativo por parte de los productores.

6. Esfuerzo político institucional (EPI): representa las transformaciones que hay que realizar en el Estado para que éste induzca cambios en el comportamiento de los productores que permitan alcanzar los resultados de la política diseñada. Este esfuerzo se expresa en la creación de nuevas áreas dedicadas a gestionar la política, particularmente selección, capacitación, formación de equipos, e interacción con el resto de las áreas de gobierno y del sector privado necesarias para llevar a cabo la labor, control, fiscalización y monitoreo. Se trata de un indicador cualitativo definido por entrevistas a un docente experto en políticas públicas. Es concebido como un criterio económico, cuyo objetivo es minimizar, partiendo de una concepción en que el libre mercado genera la asignación más eficiente de recursos, sin requerir de la intervención estatal, y por tanto valorando positivamente un Estado con menores funciones.

7. Riesgo de Conflictividad Socioambiental (RCS): se expresa en términos cualitativos y representa el potencial conflicto o resistencia que puede generar en determinados grupos de interés la política. Para valorar este criterio se considera como referencia la investigación realizada por Silveti *et al.* (2013) para el bosque del noroeste de la provincia de Córdoba, en la cual identifican dos tipos de actores sociales en conflicto por las políticas implementadas para la conservación del bosque: i) el grupo ganadero empresarial motivado principalmente por el interés económico y opuesto a cualquier tipo de regulación; ii) el grupo campesino ambientalista con una orientación basada en la protección y el uso ancestral del bosque. En este trabajo se identifican dos actores locales del Caldenal potencialmente en conflicto. Las asociaciones representantes de Productores Agropecuarios (APA) con una orientación económica que pretenderán mantener o aumentar sus beneficios económicos privados y evitar regulaciones, y la Asamblea y Colectivo Ambientales (AyCA) que pretenderán mantener o aumentar la superficie con bosque. Se trata de un criterio social cuyo objetivo es minimizar.

Evaluación de la matriz de decisión y análisis de sensibilidad

Para transformar los criterios cuantitativos en pseudo-criterios la función de preferencia utilizada es de tipo Lineal con un 10% en el umbral de indiferencia (q_j) y un 90% para el umbral de preferencia (p_j). En el caso de los criterios cualitativos la función de preferencia utilizada fue el tipo Usual (J.-P. Brans y De Smet, 2016).

Para evaluar la flexibilidad del modelo se llevó a cabo una prueba de ponderación de criterios con: 1) cuatro perfiles de decisores teóricos, y 2) una prueba con actores extraregionales. En el primer caso se simularon cuatro perfiles de tomadores de decisión contrastantes. El primer perfil equilibra las dimensiones social, ambiental y económica, y se lo denomina, *Homo Administrativus* (w_1), el segundo es un perfil que prioriza los criterios sociales, denominado *Homo Socialis*, (w_2), el tercero es un perfil libre mercado, *Homo Economicus* (w_3) y el cuarto perfil prioriza lo ambiental y se lo denomina *Homo Ambientalis* w_4 . Dichos perfiles van a referir a cuatro diferentes vectores de ponderaciones de los criterios w_j (*SB, BPPA, T, VEBPU, GE, EPI, RCS*): en el primer perfil se asignó 33,3% a la dimensión ambiental, económica y social w_1 (0,33; 0,11; 0,11; 0,11; 0,11; 0,11; 0,11); en el segundo perfil w_2 (0; 0; 0; 0,33; 0,33; 0; 0,33) se asignó 33,3% a los criterios *GE, RCS* y *VEBPU*; en el tercer perfil w_3 (0; 0,33; 0,33; 0; 0; 0,33; 0) se asignó 33,3% a los criterios *EPI, T* y *BPPA*; y finalmente w_4 (0,5; 0; 0; 0,5; 0; 0; 0; 0) se asignó 50 % a los criterios *SB* y *VEBPU*. En el segundo caso, a partir de un Taller de análisis multicriterio discreto llevado a cabo en la ciudad de San Juan, se llevó a cabo una prueba real con 10 (diez) actores por fuera de la región del área de estudio. Los participantes tenían principalmente un perfil académico (investigadores, profesores y estudiantes de posgrado de la Universidad Nacional de San Juan y el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria).

Tanto en las ponderaciones que responden a perfiles teóricos como aquellas relevadas en la prueba del Taller, se realizó un análisis de sensibilidad, modificando el umbral de indiferencia (q_j) y de preferencia (p_j) de la función lineal.

Resultados

Matriz de Decisión

Además de los criterios presentados en la sección anterior, la consulta a expertos en políticas públicas permitió incorporar los criterios *Esfuerzos Político Institucional (EPI)* y el *Riesgo de Conflictividad Socioambiental (RCS)*. Conformándose la matriz de decisión consolidada del análisis de decisión multicriterio:

Tabla 9.2. Matriz de decisión de alternativas de políticas del bosque de Caldén

Alternativas	Criterios ²						
	SB	BPPA	T	VEBPU	GE	EPI	RCS
	Hectáreas	\$mill/año	\$mill/año	\$mill/año	Cantidad	Índice	Índice
A_1. Tendencial	77.589	4	5	0	3.080	Bajo	Medio
A_2. DCB	52.953	26	0	-71	2.461	Muy Bajo	Muy Alto
A_3. PEUMB + P	77.589	30	27	0	4.457	Alto	Bajo
A_4. PEUMB	57.709	41	20	-57	3.614	Alto	Alto
A_5. PRB + P	114.056	76	71	105	5.815	Muy Alto	Medio
Objetivo	MAX	MAX	MIN	MAX	MAX	MIN	MIN
Preferencia	V lineal	V lineal	V lineal	V lineal	V lineal	Usual	Usual
W	1	1	1	1	1	1	1
w normalizado	14,30%	14,30%	14,30%	14,30%	14,30%	14,30%	14,30%
Rango	61.103	72	71	176	3.354	4	3
Q _j	6.110	7	7	18	335	Nc	Nc
P _j	54.993	65	64	158	3.019	Nc	Nc

¹DCB: Desregulación de la Conservación del Bosque; PRB: Programa de Reforestación del Bosque; PEUMB: Programa de Extensión para el Uso Múltiple del Bosque; ² SB: Superficie de bosque; BPPA: Beneficio Privado Productores Agropecuarios; T: Transferencias; VEBPU: Valoración económica del Bosque de la Población Urbana; GE: Generación de Empleo; EPI: Esfuerzo Político Institucional; RCS: Riesgo de Conflictividad Socioambiental. Fuente: Elaboración propia

Como puede observarse en la Tabla 9.2, las alternativas de menor *EPI* la constituyeron las políticas que involucran la menor intervención del Estado, tal es el caso de las políticas *DCB* y *Tendencial*, en tanto, el mayor *EPI* está en los programas de extensión y reforestación. En el caso del riesgo de conflictividad socioambiental, las alternativas de mayor conflicto fue la política *DCB* ya que esta alternativa sería la de mayor pérdida de superficie de bosque y el colectivo ambiental lo rechazaría, en tanto, la política de mayor consenso sería *PEUMB+P*, debido a la aceptación tanto de productores -la mayoría no reduciría sus beneficios, por el contrario, aumentarían- así como el colectivo ambiental (no objetaría porque conservaría la superficie actual de bosque). Entre estos extremos, se ubican el resto de alternativas.

En síntesis, el análisis de la matriz de decisión muestra un desempeño dispar de las distintas alternativas de política según el criterio que se considere, dando cuenta de la existencia de conflictos entre criterios:

La alternativa *PRB+P* cuenta con una alta valoración económica de la población urbana asociada al incremento de la superficie de bosque y la prohibición de la deforestación en el

RBN actual. Adicionalmente, la mayor superficie de bosque la convierte en la alternativa de mayor generación de empleo. Como esta política incluye al programa de extensión para el aprovechamiento de diferentes productos del bosque cuenta con una buena rentabilidad privada. La combinación de un beneficio privado alto y superficie de bosque incrementada provoca un nulo conflicto socioambiental. Sin embargo, es considerable el esfuerzo político-institucional, así como las transferencias que el Estado debe realizar.

Los programas *PEUMB con y sin Prohibición* a partir del uso múltiple del bosque muestran una buena performance en los beneficios privados esperados por el productor, así como en la generación de empleo. La alternativa combinada con la prohibición evita la pérdida de la superficie actual del bosque y consecuentemente esta alternativa mejora en términos de desempeño ambiental y presenta una menor conflictividad socioambiental que la alternativa sin prohibición. Sin embargo, estos programas requieren del mayor volumen de transferencias del Estado, principalmente para promover el uso múltiple del bosque por parte del productor.

En el caso de la política vigente (Tendencial) proyectada, se observa una alternativa intermedia. La valoración económica por parte de la población urbana permanece inalterada, bajo nivel de empleo, de transferencias, y esfuerzo político-institucional, y conflicto socioambiental nulo posicionan esta alternativa como mediadora.

Con la Desregulación se proyecta una pérdida de bosque de 34 % de la superficie actual, siendo esta pérdida de bosque valorada negativamente por la población urbana y generando posibles conflictos socioambientales. Sin embargo, esta alternativa cuenta con un nivel aceptable de beneficios privados, la ausencia de transferencias del Estado y un bajo esfuerzo político-institucional.

Prueba de Preferencias

De los cuatro vectores de ponderaciones considerados para expresar distintos esquemas de preferencias sobre los criterios identificados (w_1, w_2, w_3, w_4), se obtuvo que tres de ellos (*Homo Administrativus*, *Socialis* y *Ambientalis*) priorizan las políticas combinadas con prohibición por sobre las voluntarias, y sólo *Homo Economicus* resulta completamente diferente, con un ordenamiento casi precisamente inverso. Adicionalmente, cuando se hace análisis de sensibilidad de los umbrales de preferencia e indiferencia, el ordenamiento de las alternativas es estable, a excepción de un caso (Tabla 9.5).

P_1. Preferencias Homo Administrativus (w_1): con este vector de preferencia, el decisor equilibra los pesos de los criterios de las dimensiones ambiental, social y económica (Tabla 9.3). Las alternativas de mejor desempeño son las alternativas *con Prohibición* y con uso múltiple del bosque. Con estas alternativas no se deforesta (incluso en *PRB+P* se incrementa la superficie de bosque), se generan los mayores puestos trabajo, presenta buenos indicadores de rentabilidad privada y de valor económicos percibido por la población urbana. Las alternativas de peor desempeño son aquellas que permiten la deforestación (*PEUMB* y *DCB*).

P_2. Preferencias Homo Socialis (w_2): con este vector de preferencia se hace hincapié en los criterios socioeconómicos, valor económico del bosque para la población urbana, generación de empleo y la minimización del riesgo de conflictividad social (Tabla 9.4). Se obtiene un ordenamiento similar al de w_1 . Las alternativas con mejor desempeño son las que incluyen la prohibición.

P_3. Preferencias Homo Economicus (w_3): en el tercer vector de preferencias se priorizan la libertad del mercado y la menor intervención del Estado (Tabla 9.5). Consecuentemente se valora el bajo esfuerzo político institucional de implementación, la minimización de transferencias del Estado al sector privado y la maximización del beneficio privado. Como resultado, en este caso se invierte por completo los ordenamientos precedentes. La alternativa de mayor preferencia es *DCB*, y por el contrario, *PRB + P* constituyen la alternativa de peor desempeño.

P_4. Preferencias Homo Ambientalis (w_4): con el cuarto vector de preferencias se considera que no se puede tener una hectárea menos de bosque, por tanto, la conservación de bosque y el valor económico que la población urbana se le asigna al bosque son criterios determinantes. De la misma forma que las preferencias 1 y 2, las alternativas de mayor preferencia (Tabla 9.6) son aquellas alternativas *con prohibición*.

Tabla 9.3 Ordenamiento de políticas para decisor Homo Administrativus (w_1)

Alternativa	Neto	Fortaleza	Debilidad
	Orden	Orden	Orden
PRB + P	1	1	2
PEUMB + P	2	2	1
Tendencial	3	3	3
DCB	4	4	5
PEUMB	5	5	4

Fuente: Elaboración propia

Tabla 9.4 Ordenamiento de las políticas para decisor Homo Socialis (w_2)

Alternativa	Neto	Fortaleza	Debilidad
	Orden	Orden	Orden
PRB + P	1	1	1
PEUMB + P	2	2	2
Tendencial	3	3	3
PEUMB	4	4	4
DCB	5	5	5

Fuente: Elaboración propia

Tabla 9.5 Ordenamiento de las políticas para decisor Homo Economicus (w_3)

Alternativa	Neto	Fortaleza	Debilidad
	Orden	Orden	Orden
DCB	1	1	1
Tendencial	2	2	3
PEUMB	3	4	2
PEUMB + P	4	5	4
PRB + P	5	3	5

Fuente: Elaboración propia

Tabla 9.6 Ordenamiento de las políticas para decisor Homo Ambientalis (w_4)

Alternativa	Neto	Fortaleza	Debilidad
	Orden	Orden	Orden
PRB + P	1	1	1
PEUMB + P	2	2	2
Tendencial	3	3	3
PEUMB	4	4	4
DCB	5	5	5

Fuente: Elaboración propia

Con umbrales de preferencia e indiferencia modificados al 30% y 70% respectivamente se obtuvo un ordenamiento similar de las alternativas, con la excepción en el perfil *Homo Administrativus*, en el cual las alternativas *DCB* y *PEUMB*, invierten su orden, aunque las alternativas con prohibición continúan por encima de las alternativas (Tabla 9.8).

Tabla 9.7 Ordenamiento neto de las políticas con diferentes umbrales

Orden	Homo Administrativus		Homo Socialis		Homo Economicus		Homo Ambientalis	
	A	B	A	B	A	B	A	B
1	PRB + P	PRB + P	PRB + P	PRB + P	DCB	DCB	PRB + P	PRB + P
2	PEUMB + P	PEUMB + P	PEUMB + P	PEUMB + P	T	T	PEUMB + P	PEUMB + P
3	T	T	T	T	PEUMB	PEUMB	T	T
4	DCB	PEUMB	PEUMB	PEUMB	PEUMB + P	PEUMB + P	PEUMB	PEUMB
5	PEUMB	DCB	DCB	DCB	PRB + P	PRB + P	DCB	DCB

Nota: *qj* y *pj* toman el valor del porcentaje A) entre 10% y 90%; y B) entre 30% y 70% respectivamente. Fuente: Elaboración propia

Prueba de ponderación con asistentes al Taller

En un primer análisis estadístico de la ponderación asignada por cada uno de los asistentes del taller a los criterios (Tabla 9.8). Los mismos debían otorgar una puntuación de 0 a 10 a cada uno de los criterios, siendo 0 para lo menos preferido y 10 para lo más preferido. Los resultados muestran que los criterios *superficie de bosque* y *generación de empleo*, cuentan con los mayores pesos y las menores variabilidades (Coeficiente de variación 14 y 16% respectivamente), indicando que ambos criterios son muy importantes y han sido valorados positivamente por la mayoría de los asistentes. Para el resto de criterios, hay diferencias significativas en las ponderaciones, encontrándose quienes valoraron criterios con la mayor ponderación (10) y quienes directamente los desestimaron (0).

Tabla 9.8 Análisis estadístico de las preferencias de los asistentes al Taller

	BPPA	T	VEBPU	SB	GE	EPI	RCS
Moda	10	5	8	10	9	2	9
Mínimo	2	2	0	7	6	2	0
Máximo	10	9	10	10	10	10	9
Promedio	7	6	6	9	8	6	6
Desvío estándar	3	2	4	1	1	3	3
Coeficiente de Variación	47%	35%	61%	14%	16%	56%	48%

Fuente: Elaboración propia

Un análisis de frecuencia del ordenamiento neto de las alternativas con la ponderación de criterios realizada por los asistentes al taller, se advierte un marcado consenso -casi por mayoría- en la preferencia por aquellas alternativas de política combinadas *con prohibición*. Considerando la suma de los ordenamientos netos, para la mayoría de los asistentes (Tabla 9.9) se obtuvo: 1) *PRB+P*, 2) *PEUMB+P*, 3) *Tendencial*, 4) *PEUMB*, y 5) *DCB*. Cuando se modificaron los umbrales de preferencia e indiferencia (se disminuye a 70%) y de indiferencia (aumenta a 30%) (Tabla 9.10), el ordenamiento neto de las alternativas no se modifica.

Tabla 9.9 Frecuencia de ordenamiento neto de las políticas $qj = 10\%$ y $pj = 90\%$

Alternativa	Orden				
	1	2	3	4	5
PRB + P	100 %	-	-	-	-
PEUMB + P	-	100 %	-	-	-
Tendencial	-	-	89 %	11 %	-
PEUMB	-	-	11 %	44 %	44 %
DCB	-	-	-	44 %	56 %

Fuente: Elaboración propia

Tabla 9.10 Frecuencia de ordenamiento neto de las políticas $qj = 30\%$ y $pj = 70\%$

Alternativa	Orden				
	1	2	3	4	5
PRB + P	100 %	-	-	-	-
PEUMB + P	-	100 %	-	-	-
Tendencial	-	-	78 %	22 %	-
PEUMB	-	-	22 %	78 %	-
DCB	-	-	-	-	100 %

Fuente: Elaboración propia

Discusiones

De los resultados presentados es posible discutir al menos tres aspectos.

En el AMCD predominan las políticas combinadas con prohibición por sobre las voluntarias. Los perfiles de decisores diseñados, así como las ponderaciones obtenidas en el taller, muestran que las políticas de incentivos combinadas con políticas restrictivas dominan las políticas de tipo voluntarias. Este resultado coincide con la literatura que señala que en ciertos casos la combinación de políticas de incentivos con políticas de comando y control pueden ser efectivas y valoradas por la sociedad (Brown *et al.*, 2001; Lambin *et al.*, 2014).

Analizando las alternativas individualmente, *PRB + P* surge como la alternativa mejor posicionada en al menos tres tipos de perfiles que priorizan criterios ambientales y sociales en distinto grado, y *DCB* en el perfil que prioriza el libre mercado. Cisneros *et al.* (2011) evalúan 10 (diez) alternativas de ordenamiento territorial de una microcuenca en el sur de Córdoba en base a trece criterios ambientales, sociales y económicos a partir de los métodos AMCD AHP, ELECTRE y PROMETHEE hallando un resultado similar. Cuando se priorizan criterios sociales y ambientales, resulta preferido un programa de ordenamiento de uso silvopastoril similar a la alternativa de reforestación y uso múltiple propuesta en este trabajo. Por el contrario, cuando se priorizan criterios económicos se elige la situación tendencial, la

cual se asemeja a la alternativa Desregulación porque la situación tendencial de dicho trabajo considera la ausencia de una regulación efectiva del ordenamiento de la cuenca. En coincidencia, los resultados hallados en Abedi y Ghamgosar (2013) indican que un manejo de conservación del bosque para esa región es la mejor alternativa por sobre la estrategia comercial y recreativa, porque el estado actual del bosque está degradado y es esencial preservar el bosque para mejorar su estado de conservación.

Si bien los resultados hallados a partir de la ponderación realizada en el taller, muestran cierto grado de consenso por un tipo de políticas asociadas a una mayor conservación del bosque que la actual, es importante señalar que los participantes conforman un grupo homogéneo, vinculado a actividades académicas y de investigación del área de las ciencias naturales. Por tanto, estos resultados podrían soslayar la heterogeneidad de actores que existen en el área de estudio. No obstante, la literatura da cuenta de la posibilidad de hallar consensos en actores con distintas preferencias (Sheppard y Meitner, 2005).

Conclusiones

En este capítulo se desarrolla un modelo conceptual y matemático multicriterio discreto que permite incorporar las preferencias de diferentes actores sociales y obtener como resultado, un *ranking* de las diferentes políticas diseñadas, detectando posibles conflictos entre criterios sociales, económicos y ambientales que pueden tener un nivel de importancia relativa diferencial entre diversos actores sociales interesados en el bosque de Caldén.

En primer lugar, se destaca la aplicación de un ABC de manera integrada con el AMCD, técnicas que suelen compararse de manera contrastante, pretendiendo en este trabajo complementarlas para rescatar las ventajas que prestan ambas para la evaluación de políticas. Los perfiles de decisores diseñados, así como las ponderaciones obtenidas en el taller, muestran que las políticas de incentivos combinadas con políticas restrictivas dominan las políticas de tipo voluntarias.

En segundo lugar, el análisis de decisión multicriterio discreto PROMETHEE resultó ser dúctil para reflejar los intereses de diferentes actores en resultados contrastantes respecto a la selección de alternativas de política voluntarias o con prohibición. El diseño de cuatro perfiles teóricos de preferencias, resultó en consenso para tres de ellos en la priorización de políticas combinadas con prohibición por sobre las voluntarias. Este resultado es similar al ordenamiento obtenido por los asistentes a un taller. Sin embargo, en el caso de un perfil de decisor que prioriza acciones en línea con el libre mercado, se identifica la política de desregulación como la mejor alternativa. A través de un análisis de sensibilidad de los umbrales de preferencia e indiferencia en cada uno de los casos, se comprobó que el ordenamiento de las alternativas es estable.

Es necesario advertir al lector algunas limitaciones de este trabajo. Las alternativas de política han sido diseñadas sin incluir determinados aspectos en la dimensión ambiental que incorporen el estado del bosque y su fragmentación, por ejemplo, indicadores que simulen de manera georeferenciada la distribución espacial de la superficie de bosque (tamaño de los parches), pudiendo estimar la provisión de algún que otro SENC asociado. Asimismo, este trabajo no incorpora la opinión de los actores locales, y posiblemente integrando esta información se podrá contar con una matriz de decisión más precisa. Ambas limitaciones forman parte de la agenda futura de investigación.

Referencias bibliográficas

- Abedi, T., & Ghamgosar, M. (2013). Formulating Forest Management Strategies Using ELECTRE Method (Case Study: District 2 Nav, Asalem, Guilan, Iran). *World Applied Programming*, 3(10), 522-528.
- Apícola, P. (2013). ¿Cuántas colmenas por hectárea? , from <http://www.apicultura.entupc.com/nuestrarevista/nueva/notas/26-07-13-Principal.html>
- Assunção, J., Gandour, C., & Rocha, R. (2013). DETERring Deforestation in the Brazilian Amazon: Environmental Monitoring and Law Enforcement. Climate Policy Initiative Report, PUC-Rio, May.
- Bateman, I. J., Carson, R. T., Day, B., Hanemann, M., Hanley, N., Hett, T., . . . Swanson, J. (2002). Economic valuation with stated preference techniques: a manual. Cheltenham, UK; Northampton, MA: Edward Elgar. ISBN: 978 1 84064 919 2.
- Brans, J.-P., & De Smet, Y. (2016). PROMETHEE Methods. In S. Greco, M. Ehrgott & J. R. Figueira (Eds.), *Multiple Criteria Decision Analysis: State of the Art Surveys* (pp. 187-219). New York, NY: Springer New York.
- Brans, J. P., & Vincke, P. (1985). Note—A Preference Ranking Organisation Method. *Management Science*, 31(6), 647-656. [doi: doi:10.1287/mnsc.31.6.647](https://doi.org/10.1287/mnsc.31.6.647)
- Brown, C., Durst, P. B., & Enters, T. (2001). Forests out of bounds: impacts and effectiveness of logging bans in natural forests in Asia-Pacific.
- Bruna-García, X., & Marey-Perez, M. (2014). Public participation: a need of forest planning. [Review Papers]. [Public participation: a need of forest planning]. *iForest - Biogeosciences and Forestry*, 7(4), 216-226. [doi: 10.3832/ifor0979-007](https://doi.org/10.3832/ifor0979-007)
- Cabrera, A. L. (1976). *Regiones fitogeográficas argentinas* (Vol. 2): Editorial Acme. ISBN 9502410564.
- Cabrol, D. A., & Cáceres, D. M. (2016). Las disputas por los bienes comunes y su impacto en la apropiación de servicios ecosistémicos. *La Ley de Protección de Bosques Nativos, en la Provincia de Córdoba, Argentina. Ecología austral*, 27(1-bis), 134-145.
- Cáceres, D. M., Tapella, E., Quétier, F., & Díaz, S. (2015). The social value of biodiversity and ecosystem services from the perspectives of different social actors. *Ecology and Society*, 20(1). [doi: 10.5751/es-07297-200162](https://doi.org/10.5751/es-07297-200162)
- Cisneros, J., Grau, J., Antón, J., De Prada, J., Degioanni, A., Cantero G., A., & Gil, H. (2011). Evaluación multicriterio de alternativas de ordenamiento territorial utilizando modelos hidrológicos y de erosión para una cuenca representativa del sur de Córdoba. In INTA (Ed.), *Valoración de servicios ecosistémicos. Conceptos, herramientas y aplicaciones para el ordenamiento territorial*. Buenos Aires, Argentina: Ediciones INTA.
- CNA. (2002). Censo Nacional Agropecuario 2002. Resultados definitivos. In c. INTA-INDEC (Ed.). INDEC.
- Coirini, R., & Karlin, M. (2011). Modelos de Producción Sostenible para la Ecorregión Espinal Informe técnico en el marco de la consultoría: Manual de Buenas Prácticas y Modelos de Producción Sostenible Retrieved from <http://www.ambiente.gov.ar/archivos/web/CompBosNatBio/file/Espinal%20-%20Introduccion.pdf>

- Chopra, K., Leemans, R., Kumar, P., & Simons, H. (2005). *Ecosystems and human well-being: policy responses*: Island Press.
- Decreto 891. (2003). *Corredores Biogeográficos El Caldén y Chaco Árido* (pp. 9): Poder Ejecutivo de la provincia de Córdoba.
- DGEC. (2008). *Censo Provincial de Población 2008* Retrieved marzo 2012, from <http://estadistica.cba.gov.ar/Poblaci%C3%B3n/Censo2008/tabid/462/language/es-AR/Default.aspx>
- Engel, S., Pagiola, S., & Wunder, S. (2008). Designing payments for environmental services in theory and practice: An overview of the issues. *Ecological Economics*, 65(4), 663-674.
- FAO. (2010). *Evaluación de los recursos forestales mundiales 2010* Retrieved from <http://www.fao.org/docrep/013/i1757s/i1757s.pdf>
- IPSOS. (2018). *Global views on the environment 2018* IPSOS.
- Izko, & Burneo. (2003). *Herramientas para la Valoración y Manejo Forestal Sostenible de los Bosques Sudamericanos*. UICN-Sur UICN (Ed.) Retrieved from <https://www.iucn.org/es/content/herramientas-para-la-valoraci%C3%B3n-y-manejo-forestal-sostenible-de-los-bosques-sudamericanos-0>
- Kangas, A., Kangas, J., & Kurttila, M. (2008). *Decision support for forest management*: Springer.
- Lambin, E. F., Meyfroidt, P., Rueda, X., Blackman, A., Börner, J., Cerutti, P. O., . . . Wunder, S. (2014). Effectiveness and synergies of policy instruments for land use governance in tropical regions. *Global Environmental Change*, 28(Supplement C), 129-140. doi: <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2014.06.007>
- Ley de Ordenamiento Territorial de Bosques Nativos de la Provincia de Córdoba (2010).
- Ley de Inversiones para bosques cultivados. <http://www.infoleg.gov.ar/infolegInternet/anexos/55000-59999/55596/texact.htm> (1998).
- MEA. (2005). *Forest and woodland systems*. In M. E. Assesment (Ed.), *Ecosystems and Human Well-being: Current State and Trends* Washington, DC: Island Press. Retrieved from <http://www.millenniumassessment.org/documents/document.290.aspx.pdf>.
- Outon. (2002). *Propuestas Bosque Modelo Jujuy* Retrieved from http://www.bmj.org.ar/index.php?menu_id=3&jera_id=79&page_id=50
- Pearce, D., Atkinson, G., & Mourato, S. (2006). *Cost-benefit analysis and the environment: recent developments*. Washington, DC 20036 USA: Organisation for Economic Cooperation and Development.
- Rosacher, C. J. (2002). *Creación del Corredor Biogeográfico del Caldén*. Paper presented at the 1ª Reunión Nacional para la Conservación de la Caldenia Argentina, Córdoba.
- Rudas Lleras, G. (1998). *El análisis económico y la política ambiental*. Cuadernos de Desarrollo Rural (40), 7-15.
- Resolución 190. *Montos de costos de implantación y tratamientos silviculturales Ley N° 25.080 de Inversiones para Bosques Cultivados* (2015).
- Sheppard, S. R. J., & Meitner, M. (2005). Using multi-criteria analysis and visualisation for sustainable forest management planning with stakeholder groups. *Forest Ecology and Management*, 207(1), 171-187. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2004.10.032>

- Silvetti, F., Soto, G., Cáceres, D. M., & Cabrol, D. (2013). ¿Por qué la legislación no protege los bosques nativos de Argentina? Conflictos socioambientales y políticas públicas. Conflictos ecológico-distributivos; ley de bosques; ley 9814/2010; políticas ambientales; modelos de desarrollo]. 2013, 13(26).
- Tello, D., de Prada, J., & Cristeche, E. (2018). Valoración económica del bosque de caldén en el sur de Córdoba, Argentina. Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente. [doi: 10.5154/r.rchscfa.2017.03.027](https://doi.org/10.5154/r.rchscfa.2017.03.027)
- Tello, D. S., De Prada, J. D., & Cristeche, E. R. (2018). Multicriteria Analysis of policy alternatives for the conservation caldén forest in Córdoba, Argentina. Paper presented at the 30th International Conference of Agricultural Economists, July 28-August 2, 2018, Vancouver, British Columbia. <http://ageconsearch.umn.edu/record/277256/files/1485.pdf>
- Visintini, A., Calvo, S., Sarquís, L., Cuttica, M., Mamondi, V., & Rosales, J. (2007). Información Agro-económica para la Provincia de Córdoba por zonas agroeconómicas. Paper presented at the Asociación Argentina de Economía Agraria.

SECCIÓN III

**DECISIONES DE ORDENAMIENTO
EN LA FRANJA URBANO RURAL**

CAPÍTULO 10

Alternativas de expansión urbana de la ciudad de Marcos Juárez, Córdoba, visión 2040

Degioanni A.³⁶ y de Prada J.³⁷.

Resumen

La expansión urbana de la ciudad de Marcos Juárez ha generado un conflicto político institucional entre el Municipio y el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). El Municipio ha reclamado a las autoridades nacionales la cesión de un lote de 152 ha al sureste de la localidad. Dicho lote está bajo la jurisdicción de INTA y son usadas para la experimentación agroecológica. El Ordenamiento Territorial puede ayudar a resolver dicho conflicto mediante el diseño de alternativas de expansión urbana que consideren un patrón de poblamiento que satisfaga las necesidades de la sociedad en un marco de armonía entre intereses públicos y privados. En este capítulo se presenta el diseño de alternativas de expansión urbana - Visión 2040 y su evaluación mediante Análisis Multicriterio Discreto PROMETHEE con el fin de ayudar a superar el conflicto interinstitucional generado entre

36 Docente en el Departamento de Ecología Agraria, Facultad de Agronomía y Veterinaria, Universidad Nacional de Río Cuarto. Contacto: adegioanni@ayv.unrc.edu.ar

37 Docente en el Departamento de Economía Agraria, Facultad de Agronomía y Veterinaria, Universidad Nacional de Río Cuarto. Contacto: jdeprada@ayv.unrc.edu.ar

el Municipio y el INTA. Las alternativas que se diseñaron son: A_I: Tendencial, que consiste en la prognosis de la evolución histórica sin modificar las fuerzas de localización y considerando la autopista Córdoba – Rosario; A_II: Ecociudad que constituye un patrón de poblamiento con mínimo uso de suelo e impacto ambiental; A_III, A_IV y A_V que son alternativas de expansión urbana compactas, con ocupación del territorio hacia el noroeste, noreste y sureste, respectivamente, del lote en litigio con INTA. Los criterios de decisión adoptados son: 1) densidad poblacional, 2) esfuerzo político institucional, 3) conflicto político institucional, 4) riesgo de inundación y sanitario (por ascenso de la napa freática); 4) Extensión de redes, 5) pérdida de renta agraria y 6) costo de compra de la tierra (inversión financiera). El resultado de la evaluación muestra que las alternativas de expansión urbana son competitivas solo con el escenario tendencial (A_I). Esta alternativa muestra el peor desempeño económico (requiere cinco veces más inversiones para adquirir la tierra y doce veces más presupuesto para brindar servicios públicos: cloacas, agua potable, red de desagüe, entre otras redes) comparada con la A_II (\$3400 MM pesos versus \$ 640MM). Sin embargo, la A_1 supera significativamente a la A_II en el esfuerzo político institucional. De hecho, adoptarse la A_II requiere modificar el comportamiento del Estado y a través de éste, el patrón de poblamiento en forma considerable. Las A_III, A_IV y A_V tienen comportamiento intermedio con la excepción de la A_V que presenta el peor desempeño en conflictividad social y riesgo por inundación. La evaluación de las alternativas de expansión urbana se realizó en primera instancia con autoridades del Centro Regional Córdoba y de la Estación Experimental Marcos Juárez de INTA. El resultado de la misma fue consistente en cuanto a las fortalezas y debilidades de los criterios que posicionaron a la alternativa A_III como la de mayor preferencia por los evaluadores. El resultado obtenido en este ensayo como también el método utilizado fue puesto a disposición de la Administradora de Bienes del Estado (ABE).

Introducción

La ciudad de Marcos Juárez (32°42' S – 62°6' O) es una población con aproximadamente 29.000 habitantes localizada al este de la provincia de Córdoba. Tanto su historia como la vida actual está fuertemente vinculada a la principal actividad económica de llanura pampeana argentina: la agricultura. El auge de esta actividad en los últimos decenios ha sido un gran dinamizador del crecimiento urbano por aumento de la población estable y por mayor inversión en la construcción de viviendas. La característica de este proceso se inscribe en el modelo de *expansión dispersa*. Este forma de ocupación del territorio (poblamiento) involucra una mayor conversión de tierra rural a urbana por la baja densidad del área urbana, incrementa enormemente la distancia de la frontera rural – urbana provocando numerosos conflictos socio ambientales por incompatibilidad de actividades, encarece y dificulta la cobertura de servicios públicos a toda la población e incrementa el consumo de energía fósil y la emisión de gases efectos invernadero por un mayor uso del automóvil entre otros aspectos (McElfish 2007; Ewing *et al.*, 2008; López, 2004, de Prada *et al.*, 2014). Como consecuencia de esta forma de poblamiento en Marcos Juárez, además de los problemas mencionados, ha generado un conflicto institucional entre el Municipio y el INTA por la competencia en la posesión de un lote de 152 ha al sureste de la localidad. El Municipio para dar respuesta a la demanda de suelo para urbanizar, inició reclamos ante autoridades nacionales para la cesión del lote en cuestión bajo jurisdicción de INTA y que ha sido destinado a la experimentación de producción agroecológica. El organismo nacional que se encargó de conducir el pedido del municipio es la Administradora de Bienes del Estado (ABE). A los efectos de ayudar a la resolución de dicho conflicto y minimizar en el futuro otros conflictos derivados de una

expansión urbana dispersa, se propuso ensayar diferentes modelos de poblamiento con el método de Análisis Multicriterio Discreto PROMETHEE (Brans y Mareschal, 2005).

Diseño de las Alternativas de Expansión Urbana

Se plantea en primer lugar como objetivo central resolver la demanda de espacio rural para urbanizar una ciudad de 35.000 habitantes en 2040, es decir 6.000 habitantes más de los actuales. Por consiguiente, quienes tengan el mandato de decidir en el territorio deberán seleccionar qué espacio se dedicará para alojar a la población urbana en el año 2040. Para ello se diseñan 5 alternativas de expansión urbana (A_I a A_V) constituyendo cada una de ellas las alternativas a evaluar y ranquear. Cada Alternativa incluye una zona de amortiguación que es una superficie adyacente al perímetro urbano que se determinan como áreas de protección de la vida urbana (banda de color amarillo en las figuras 10.1,10.2,10.3,10.4 y 10.5).

La primera alternativa A_I (Figura 10.1) constituye la prognosis elaborada sobre la base del diagnóstico, suponiendo que las fuerzas internas y externas de modelación del territorio se mantienen y, por lo tanto, se proyectan sin grandes variantes hacia el futuro. Dada la dinámica actual del crecimiento urbano dicha tendencia será la impuesta por la expansión urbana dispersa, en especial hacia el norte de la localidad atraído por la autopista Córdoba - Rosario. En consecuencia, la A_I constituye la situación Tendencial manteniendo el actual nivel de intervención en el territorio.

La segunda alternativa de expansión urbana es totalmente opuesta a la Tendencial: la Ecociudad (A_II – Figura 10.2). Este poblamiento se inscribe en el modelo de *expansión compacta* del crecimiento urbano (Gaffron *et al.*, 2008; Vernay *et al.*, 2010). Dicho modelo promueve una mayor densificación del espacio urbano (entre 45 y 60 habitantes por hectárea) lo que facilita la cobertura de servicios públicos, minimiza el consumo de suelo rural y compacta la ciudad con menor distancia de frontera urbano-rural. Por otro lado, como asigna mayor prioridad al traslado a pie, en bicicleta, transporte público y por último automóvil gasta menos energía fósil y reduce la emisión de gases de efecto invernadero. Esta alternativa propone también disminuir la cantidad de residuos sólidos urbanos a gestionar al promover que los ciudadanos reciclen *in situ* los residuos orgánicos.



Figura 10.1. A_I – Tendencial



Figura 10.2. A_II - Ecociudad

Resulta evidente el contraste entre la A_I y A_II: mayor densificación de la mancha urbana, menor consumo de tierra rural y menor frontera de contacto urbano-rural en la alternativa Ecociudad. Las propuestas siguientes son alternativas intermedias entre ambos extremos y que satisfacen el objetivo de partida: alojar la población estimada para el año 2040 minimizando los actuales y futuros conflictos emergentes de un poblamiento disperso. Para

ello se propone consolidar los límites de la mancha urbana actual y destinar un espacio de expansión orientado al noroeste, noreste y sureste de la localidad: A_III, A_IV y A_V respectivamente (Fig. 10.3, 10.4 y 10.5). La alternativa A_V - Expansión Sureste (Fig. 5) incluye el lote bajo conflicto interinstitucional.



Figura 10.3. A_III - Expansión Noroeste



Figura 10.4. A_IV – Expansión Noreste



Figura 10.5. A_V - Expansión Sureste

Criterios de las Alternativas de Expansión Urbana

Los criterios se refieren a atributos o características asociadas a cada alternativa y que permiten realizar las comparaciones de acuerdo a las preferencias del tomador de decisión. Dichos criterios deben incluir, en la medida de lo posible, las tres dimensiones del desarrollo sostenible: económica, ambiental y social. Para este trabajo se definieron y parametrizaron ocho criterios en total, tres en la dimensión social, dos en la ambiental y tres en la dimensión económica. A continuación, se detalla cada criterio indicando la escala de medida del mismo y una breve caracterización:

1. **Densidad Poblacional:** criterio de dimensión social, escala cuantitativa. Mide dos aspectos en simultáneo: a) la cantidad de población a albergar en el territorio y b) el poblamiento. La población futura se proyecta a partir de la tasa de crecimiento demográfico (1% anual). El poblamiento se estima mediante la densidad urbana: compacto en la A_II – Ecociudad: con 45 Hab ha⁻¹ o disperso en la A_I – Tendencial con 10 Hab ha⁻¹.
2. **Conflictividad Social:** criterio de dimensión social, escala cualitativa. Mide los conflictos socio – ambientales que las alternativas pueden generar al ser instrumentadas en el territorio. Este se mide en función de las distancias de frontera urbana – rural de cada patrón de poblamiento. Además, en este caso en particular, se considera el conflicto interinstitucional (A_V).

3. **Riesgo Inundación - Sanitario:** criterio de dimensión ambiental, escala cualitativa. Mide el riesgo de inundación y diseminación de enfermedades en el agua subterránea conforme al mapa de profundidad de la napa freática.
4. **Gestión Residuos Urbanos:** criterio de dimensión ambiental, escala cuantitativa. Mide las toneladas de residuos sólidos urbanos a gestionar anualmente por la administración municipal (recolección, tratamiento, disposición final). Se considera una producción de residuo de 1 kg por habitante y por día. Para el caso de la A_II se asume que hay una reducción del 50% de los residuos sólidos urbanos por tratamiento *in situ* de los mismos.
5. **Extensión Redes:** criterio de dimensión económica, escala cuantitativa. Mide la longitud de todos los servicios de redes urbanas: calles, electricidad, gas, agua potable, cloacas, fibra óptica, etc. Se calcula mediante operaciones y análisis espacial en SIG.
6. **Pérdida de Renta de la Tierra:** criterio de dimensión económica, escala cuantitativa. Cuando el suelo cambia de uso rural a urbano se pierde la renta económica puesto que deja de producir bienes agropecuarios. Por tanto, este criterio mide la pérdida en pesos argentinos (\$) que para la sociedad significa cambiar el uso del suelo. Se calcula a partir del Ingreso Bruto de las actividades agropecuarias que se desarrollen en el suelo rural.
7. **Costo de Compra Tierra:** criterio de dimensión económica, escala cuantitativa. Cuando el suelo pasa de rural a urbano su precio se eleva impulsado por la especulación financiera y establece el valor de mercado de la tierra urbana. Por lo tanto, este criterio mide el valor en pesos argentinos (\$) de comprar la tierra para urbanizar.

Parametrizado cada criterio, es necesario establecer la dirección deseada de cambio del mismo en el marco del AMD, acción que se denomina objetivo. Cuando se “maximiza” el objetivo del criterio esto indica que a mayor valor del mismo es mejor esa alternativa {a más mejor}. Por el contrario, cuando se “minimiza” el objetivo, a menor valor del criterio es mejor esa alternativa {a menos mejor}. Por ejemplo, el criterio Gestión de Residuos Urbanos se minimiza, es decir, a menor valor del mismo mejor desempeño de la alternativa (menor cantidad de residuo a gestionar anualmente). Por el contrario, si se desea compactar la mancha urbana a mayor valor del criterio Densidad Urbana mejor, el objetivo para dichos criterios es la maximización. A continuación, se detalla la Matriz de Criterios valorados y el Objetivo para cada alternativa de expansión urbana.

Tabla 10.1 Matriz de Criterios Valorados y Objetivo para cada Alternativa

	DP hab. ha ⁻¹	EPI Cualitativo	CSA Cualitativo	RIS Cualitativo	GRSU Tn año ⁻¹	ER Km	PRT MM \$	CCT MM \$
A_I: Tendencial	12	Muy bajo	Alto	Medio	14.281	2.408	602	3.430
A_II: Ecociudad	37	Muy alto	Medio	Medio	7.141	193	0	632
A_III: Expan. Noroeste	32	Medio	Bajo	Bajo	10.711	371	44	978
A_IV: Expan. Suroeste	31	Medio	Bajo	Medio	9.409	399	50	1.024
A_V: Expan. Sureste	31	Alto	Muy alto	Alto	9.409	434	95	769
Objetivo	MAX	MIN	MIN	MIN	MIN	MIN	MIN	MIN

DP: densidad poblacional, EPI: esfuerzo político institucional, CSA: conflictividad social, RIS: riesgo de inundación sanitario, GRSU: gestión de los residuos sólidos urbanos, ER: extensión de redes, PRT: pérdida de renta económica, CCT: costo compra de la tierra; MAX: maximiza, MIN: minimiza. Fuente: Elaboración propia

Evaluación de las alternativas

En esta fase del procedimiento AMD el tomador de decisión (TD) es quién establece sus preferencias individuales para evaluar las alternativas. En el método PROMETHEE las preferencias se establecen mediante los objetivos (MAX o MIN - Tabla 10.1) y la ponderación o peso relativo que asigna el TD a cada uno de los criterios. Por ejemplo, un TD puede asignar más peso a criterios ambientales que a criterios económicos, en tanto que otro TD, puede asignar más peso a criterios sociales o económicos y otro puede ponderar en igual magnitud los criterios ambientales y económicos. Normalmente los valores de ponderación se establecen en el rango de 0 y 10. Si un TD asigna valor 0 a la ponderación de un criterio, significa que elimina el mismo de la evaluación de las alternativas. En tanto, si asigna 10, significa que ese criterio tiene la máxima importancia para él. Valores entre 1 y 9 revelan grados de importancia intermedios. Para el presente trabajo se relevó la preferencia de 6 directivos de INTA, asumiendo que los mismos deberán posicionarse ante los tomadores de decisión que resuelvan el conflicto interinstitucional o de los responsables políticos de la planificación urbana de la localidad de Marcos Juárez. En la Tabla 10.2 se presenta la ponderación individual, promedio y desviación estándar de las preferencias relevadas de los evaluadores.

Tabla 10.2 Ponderación de las preferencias de los evaluadores

Ponderación	DP	EPI	CSA	RIS	GRSU	ER	PRT	CCT
Evaluador 1	3	6	8	10	8	8	5	5
Evaluador 2	6	8	10	10	7	8	3	5
Evaluador 3	6	5	6	8	8	7	8	7
Evaluador 4	10	10	8	10	7	6	9	8
Evaluador 5	8	10	5	10	9	9	5	4
Evaluador 6	5	10	10	10	5	10	5	10
Promedio	6,3	8,2	7,8	9,7	7,3	8,0	5,8	6,5
Desv. Est.	2,4	2,2	2,0	0,8	1,4	1,4	2,2	2,3

DP: densidad poblacional, EPI: esfuerzo político institucional, CSA: conflictividad social, RIS: riesgo de inundación sanitario, GRSU: gestión de los residuos sólidos urbanos, ER: extensión de redes, PRT: pérdida de renta económica, CCT: costo compra de la tierra. Fuente: Elaboración propia

El grupo que evaluó las alternativas expresa una clara preferencia al criterio ambiental RSI (por su mayor valor de ponderación y menor dispersión), seguido por el criterio EPI y ER con valores de ponderación similar, pero con mayor dispersión, en particular el criterio EPI. Cabe destacar que el valor del criterio CS –que recoge el conflicto interinstitucional- quedó posicionado en 4° lugar en el orden de preferencia a pesar de que quienes lo ponderaron son todos agentes de una de las partes en conflicto. El resto de criterios ponderados no parecen tener demasiado peso en las preferencias de los evaluadores.

PROMETHEE establece un orden jerárquico a las alternativas según las preferencias de los evaluadores, asignando un valor más próximo a +1 a las mejor posicionadas y de -1 a las peor

posicionadas. Dicha valoración la establece en función de los criterios que favorecen (fortalezas) o no favorecen (debilidades) la alternativa en el conjunto. El *ranking* definitivo es la diferencia entre ambas. El *ranking* de obtenido para cada uno de los evaluadores a partir de las preferencias individuales se expone en el Tabla 10.3.

Tabla 10.3 Alternativa resultante según fortalezas y debilidades de los criterios según las preferencias del evaluador

Evaluador	Fortalezas	Debilidades	Neto
1	A_III	A_III	A_III
2	A_III	A_III	A_III
3	A_III	A_III	A_III
4	A_III	A_III	A_III
5	A_III	A_III	A_III
6	A_III	A_III	A_III

Fuente: Elaboración propia

El resultado muestra a la alternativa A_III como la mejor posicionada por las preferencias de los todos los evaluadores, tanto a nivel de fortalezas como de debilidades. El valor promedio de las fortalezas es 0,468 (el más alto), mientras que el de las debilidades es -0,055 (el más bajo). Por consiguiente, el resultado neto es consistente y resultó ser el valor de *ranking* más alto de la alternativa (0,413) comparada con el resto. En la figura 10.6 se muestra el *ranking* de las alternativas para el valor neto promedio según preferencias de los evaluadores.



Figura 10.6. Ranking de alternativas - Visión 2040. Fuente: Elaboración propia

Para este trabajo y según las preferencias del grupo evaluador el resultado es contundente: las alternativas Tendencial (A_I) y A_V quedan excluidas de las propuestas de poblamiento mientras que la alternativa A_III – Expansión noroeste resulta ser la de mayor preferencia.

Conclusiones

El diseño de alternativas de poblamiento y el método AMD ensayado para su evaluación permitió descomprimir el conflicto interinstitucional entre dos organismos federales a la vez que aportó elementos de planificación territorial con una visión futura del desarrollo armónico de la localidad de Marcos Juárez.

Referencias bibliográficas

- Brans, J.P. y Mareschal, B. (2005). Promethee methods. p. 163-195, In Figueira, J., *et al.*, eds. *Multiple criteria decision analysis: state of the art surveys, Vol. 78*. Kluwer Academic Publishers.
- de Prada, J., Degioanni, A., Cisneros, J., Galfioni, M., y Cantero, A. (2012). Diseño y evaluación de propuestas de ordenamiento de territorio: La urbanización sobre tierras rurales. XLIII Reunión Anual de la Asociación Argentina de Economía Agraria. Argentina, Corrientes. (pp. 1-32).
- de Prada, J., Degioanni, A., Cisneros, J., Cantero A., Gil, H., Tello, D, y Pereyra C. (2014). Preferencias locales para ordenar la expansión urbana: El caso de la ciudad de Río Cuarto, Córdoba, Argentina. Em AAEA. IV Congreso Regional de Economía Agraria y XLV Reunión Anual de la Asociación Argentina de Economía Agraria., CABA, Argentina (pp. 21-23).
- Ewing, R., Schmid, T., Killingsworth, R., Zlot, A. y Raudenbush, S. (2008). Relationship Between Urban Sprawl and Physical Activity, Obesity, and Morbidity Urban Ecology. p. 567-582, In MARZLUFF, J. M., *et al.*, eds. Springer US Gaffron *et al.*
- Gaffron, P., Huismans, G., y Skala, F., (EDS.) (2008). "Proyecto Ecocity. Manual para el diseño de ecociudades en Europa. Libros I y II. La ecociudad: Un lugar mejor para vivir.", pp. 1-137, España.
- López, R. (2004). Urban sprawl and risk for being overweight or obese. *American Journal of Public Health* 94:1574-1579.
- McElfish, J.M. (2007). *Ten things wrong with sprawl*. Environmental Law Institute, Washington.
- Vernay, A., Salcedo Rahola, T., y ravesteijn, W. (2010). *Growing food, feeding change: Towards a holistic and dynamic approach of eco-city planning*. Shenzhen

CAPÍTULO 11

Planificación estratégica territorial: construcción de la visión territorial en localidades rurales. El caso de la localidad de Santa Eufemia, Córdoba

de Prada, J.³⁸; Degioanni, A.³⁹; Gil, H.⁴⁰; Becerra, V.⁴¹; Nuñez, C.⁴²; Cantero G.⁴³; Cisneros, J.⁴⁴; Tello, D.⁴⁵; Plevich, O.⁴⁶; Pereyra, C.⁴⁷; Cabe, E.⁴⁸; Amin, S.⁴⁹; Mariscotti, E.⁵⁰; Chilano, Y.⁵¹; Galfioni, M.A.⁵²

Resumen

El objetivo del capítulo es mostrar el procedimiento multicriterio por fases (PMF) para crear la visión de largo plazo en la localidad de Santa Eufemia, Córdoba, Argentina. La visión se elaboró con un horizonte de planificación de 15 años, integrada por tres decisiones

38 Docente en el Departamento de Economía Agraria, Facultad de Agronomía y Veterinaria, Universidad Nacional de Río Cuarto. Contacto: jdeprada@ayv.unrc.edu.ar

39 Docente en el Departamento de Ecología Agraria, Facultad de Agronomía y Veterinaria, Universidad Nacional de Río Cuarto. Contacto: adegioanni@ayv.unrc.edu.ar

40 Profesor Consulto en el Departamento de Economía Agraria, Facultad de Agronomía y Veterinaria, Universidad Nacional de Río Cuarto. Contacto: hgil@ayv.unrc.edu.ar

41 Profesor Consulto en el Departamento de Economía Agraria, Facultad de Agronomía y Veterinaria, Universidad Nacional de Río Cuarto. Contacto: vbcerra@ayv.unrc.edu.ar

42 Docente en el Departamento de Ecología Agraria, Facultad de Agronomía y Veterinaria, Universidad Nacional de Río Cuarto. Contacto: cnunez@ayv.unrc.edu.ar

estructurales y estructurantes del territorio, elegidas por el gobierno municipal (Ejecutivo y Concejo Deliberante) y los actores involucrados (representantes de la sociedad civil). Los resultados son muy promisorios. La visión integrada por el sitio del parque industrial (seleccionado entre diez sitios alternativos), la zona residencial-urbana futura (seleccionada entre cinco zonas alternativas), y el área de amortiguación elegida superan significativamente a la tendencial en términos ambientales, económicos y sociales. Sin embargo, el gobierno municipal y los actores involucrados toman conciencia que materializar la visión requiere de un esfuerzo político institucional mayor que la tendencial. Esto, involucra cambios en las reglas de juego del Estado local, y a través de éstas inducir comportamientos diferentes de los actores y de la comunidad, y la gestión para sortear las necesidades financieras iniciales. De todos modos, la tensión creativa generada por la visión permite desagregar la estrategia y el plan de actuaciones, compromiso asumido durante el período de gobierno, y contribuye a la alineación de las expectativas del gobierno con las de los actores locales en pos de un proceso de desarrollo más sostenible.

Introducción

Se estima que la población urbana Argentina se incrementará en siete millones de habitantes en los próximos veinte años. El poblamiento, reduciendo las presiones en los grandes centros urbanos y creando condiciones más equilibradas de distribución de la población en el territorio, es un desafío importante para el Gobierno y el Estado nacional, y los Estados provinciales y locales. Este desafío es especialmente importante para municipios/comunas ubicados en el medio rural que aspiren a crear las oportunidades de trabajo para reducir la migración de su población a los grandes centros urbanos, y desarrollar patrones de poblamiento más competitivos, sostenibles, e inclusivos en sus territorios.

43 Profesor Titular Emérito de Uso y Manejo de Suelos, Departamento de Ecología Agraria, FAV-UNRC

44 Docente en el Departamento Ecología Agraria, Facultad de Agronomía y Veterinaria, Universidad Nacional de Río Cuarto. Contacto: jcisneros@ayv.unrc.edu.ar

45 Investigador Asistente ISTE CONICET-UNRC. Docente Facultad de Ciencias Económicas, Universidad Nacional de Río Cuarto. Contacto: dtello@fce.unrc.edu.ar

46 Docente en el Departamento de Producción Vegetal, Facultad de Agronomía y Veterinaria, Universidad Nacional de Río Cuarto. Contacto: oplevich@ayv.unrc.edu.ar

47 Docente en el Departamento de Economía Agraria, Facultad de Agronomía y Veterinaria, Universidad Nacional de Río Cuarto. Contacto: cpereyra@ayv.unrc.edu.ar

48 Docente en el Departamento de Economía Agraria, Facultad de Agronomía y Veterinaria, Universidad Nacional de Río Cuarto. Contacto: ecahe@ayv.unrc.edu.ar

49 Docente en el Departamento de Ecología Agraria, Facultad de Agronomía y Veterinaria, Universidad Nacional de Río Cuarto. Contacto: samin@ayv.unrc.edu.ar

50 Docente en el Departamento de Ecología Agraria, Facultad de Agronomía y Veterinaria, Universidad Nacional de Río Cuarto. Contacto: yhilano@ayv.unrc.edu.ar

51 Estudiante, Facultad de Agronomía y Veterinaria. Universidad Nacional de Río Cuarto. Contacto: emmanuelcanals@gmail.com

52 Docente en el Departamento de Geografía, Facultad de Ciencias Humanas, Universidad Nacional de Río Cuarto. Contacto: geoangeles02@hotmail.com

Las poblaciones urbanas más pequeñas tienen en términos relativos a las medianas y grandes más consumo de tierras por habitante y están más expuestas a los conflictos urbanos rurales. El mayor uso de tierra se vincula a mayores costos de servicios públicos y equipamiento urbano. Por ejemplo, en la provincia de Córdoba, con aproximadamente 3,4 MM de habitantes, distribuidos en 423 localidades urbanas, de las cuales 89% son menores a 10.000 hab. Éstas albergan solamente el 22% de la población urbana provincial y usan tres veces más tierras urbanas por habitantes en promedio que las localidades con más de 10.000 hab. que albergan el 78% de la población urbana (densidad 11 versus 33 hab./ha respectivamente). El riesgo potencial de conflictos urbanos rurales es también significativamente mayor en las localidades pequeñas debido a que la zona de contacto urbano rural en promedio es siete veces mayor que las localidades de más de 10.000 hab. en promedio. Las localidades pequeñas en forma agregada tienen un perímetro de 2.976 km versus 1.605 km de las localidades medianas y grandes (4 versus 0,6 m/habs. respectivamente).

Para enfrentar este desafío, la ventaja de las localidades urbanas pequeñas es el involucramiento de la comunidad, el sentido de pertenencia, y las posibilidades de modelos de urbanización más sostenibles son relativamente simples cuando se los contrasta con las complejidades de las grandes urbes. En tanto, para los Estados provinciales y el Estado nacional, asistir a las localidades más pequeñas tiene la ventaja de apostar a un poblamiento territorial más equilibrado, infraestructura y equipamiento más distribuido y al mismo tiempo reducir las presiones de urbanización en las poblaciones urbanas medianas y especialmente las grandes.

Para auxiliar con este desafío, la planificación estratégica territorial complementada con los métodos de ayuda multicriterio puede ayudar a los gobernantes a tomar decisiones estructurales y estructurantes de poblamiento en su territorio e inducir un comportamiento colectivo más sostenible. El estudio de caso de Santa Eufemia muestra un procedimiento de abordaje de la planificación estratégica territorial y al mismo tiempo el uso de método multicriterio para ayudar a crear la visión. La visión alcanzada en este sentido, es el punto de partida para un plan mínimo. Esto es muy importante porque las capacidades profesionales en planificación son escasas y la necesidad de los gobiernos locales de tener las respuestas son altas. Por ello, el concepto de estratégico con involucramiento de los actores ayuda a priorizar y a trabajar en los tiempos del proceso político.

Los resultados del estudio de caso Santa Eufemia permiten apreciar las ventajas económicas, ambientales, y sociales cuando se contrasta con los patrones de poblamiento inducidos por el mercado o políticas basadas en las necesidades de coyuntura sin una visión compartida de largo plazo, que ha sido un problema muy frecuente de acuerdo a la información sistematizada por Aon *et al.* (2012).

El estudio de caso de Santa Eufemia, Córdoba, Argentina inicia el proceso de planificación con tres decisiones estructurales. En primer lugar, localizar un parque industrial que potencie el desarrollo económico y social de su territorio – oportunidades laborales para sus pobladores. En segundo lugar, establecer el espacio para el área residencial futura de la localidad. En tercer lugar, identificar una zona de amortiguación que permita evitar que ambas decisiones no generen conflictos a los pobladores futuros. Con estas tres decisiones estructurales inicia el proceso de crear la visión y posteriormente se agregarán la gestión de los residuos sólidos urbanos.

El objetivo del capítulo es mostrar un procedimiento basado en la planificación territorial estratégica integrando métodos de ayuda multicriterio para crear la visión de largo plazo en la localidad de Santa Eufemia, Córdoba, Argentina. El trabajo se desarrolló en el año 2015-2016 y la visión se pensó como una imagen objetivo con los resultados diseñados - deseados para el año 2030.

El lector debe considerar que la sistematización de la información de diagnóstico (medio físico, actividades económicas, población y poblamiento e infraestructura de conectividad, y aspectos políticos institucionales) escasamente tratada en este capítulo, se desarrolla si es necesaria y se subordina a las necesidades emergentes de las decisiones estructurales. Esta posible limitación, reduce significativamente los tiempos para la creación de la visión y de respuesta a las necesidades emergentes del proceso político especialmente importante cuando las localidades no cuentan con sistema de planificación desarrollados.

Marco conceptual: Planificación estratégica territorial

Basado en la nueva planificación estratégica territorial planteada por Albrechts (2010), se desarrolla el marco conceptual para adecuarlo a las localidades con escaso desarrollo en la planificación. Para más detalles, se sugiere revisar el marco conceptual y alcance del presente libro (Capítulo 1). Para elaborar un plan estratégico territorial, mínimo, que incluya la visión, estrategia (inversiones, servicios, regulaciones) y el plan de actuaciones representada como etapa I y II de la planificación (lado derecho Figura 11.1).

La visión se corresponde con una imagen de largo plazo (15 años en este trabajo) que orienta y guía el diseño de las intervenciones estratégicas de mediano y corto plazo. La estrategia y plan de actuaciones, el recorte específico de la visión que se compromete el gobierno debe ser coherente con el período de gobierno. En este capítulo, se muestra la generación de la visión usando el procedimiento multicriterio por fases (PMF) Figura 11.1. lado derecho.

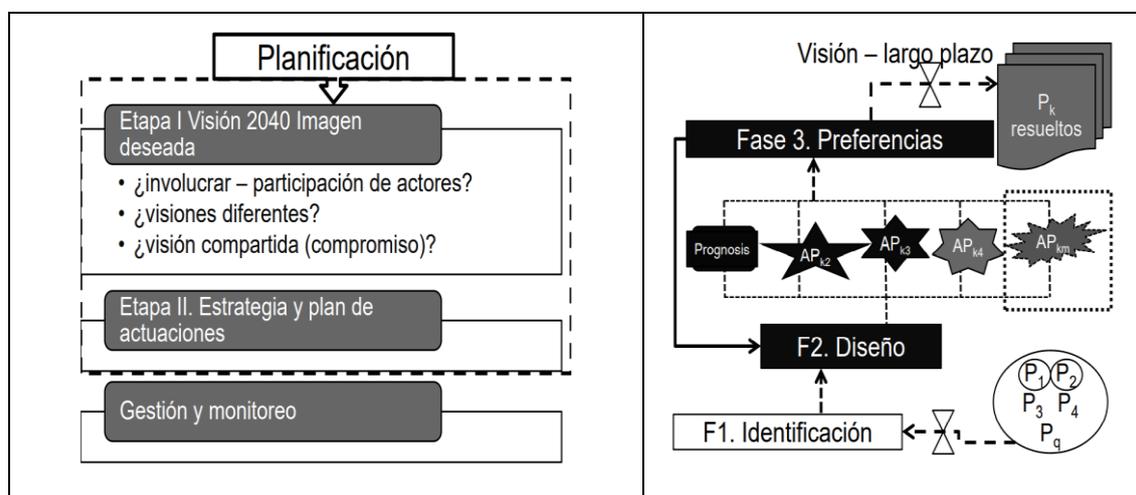


Figura 11.1. Esquema de planificación.

Nota: a la izquierda de la figura: en el recuadro con líneas de trazo se muestra los componentes de la planificación territorial, y a derecha de la figura el procedimiento multicriterio por fases para diseñar la visión. Fuente: Elaboración propia.

El PMF se ha dividido en tres fases. La Fase 1 identifica los problemas estructurales (P_k). En la Fase 2, se diseñan las alternativas de solución al problema (AP_{ki}) y cuali-cuantifican los criterios que permiten compararlas. La Fase 2 culmina con la matriz de decisión multicriterio. En la Fase 3, se elige la alternativa (AP) que mejor resuelve el problema, a partir del método PROMETHEE (ver más detalles organización, encuentro, relevamiento de preferencias en de Prada *et al.*, 2018). En el PMF, se repiten las Fases 2 y 3 para cada decisión estructural y finalmente se integran aquellas AP que el gobierno considera más pertinentes en la visión territorial.

La aplicación del PMF fue realizada en la localidad de Santa Eufemia, Córdoba, Argentina. El gobierno Municipal involucró: sus funcionarios, los miembros del Concejo Deliberante – representantes de los partidos políticos, referentes de las organizaciones, de las cooperativas, algunos productores agropecuarios, dos industriales, directivos y docentes de la escuela y colegio, y profesionales que fueron requeridos por algún conocimiento o acto específico. El trabajo se realizó en el marco de un Convenio Específico de Cooperación entre la Municipalidad de Santa Eufemia y el Servicio de Conservación y Ordenamiento de Tierras-FAV, UNRC en los tiempos políticos del gobierno municipal. Y posteriormente, se sistematizó esta información.

Estudio de caso de Santa Eufemia

La localidad de Santa Eufemia, Córdoba, Argentina se encuentra localizada en el departamento Juárez Celman (ver Figura 11.2), a 28 km norte de la ciudad de la Carlota, por la Ruta Provincial 4, y a 80 km al sur de la ciudad de Villa María. Sus coordenadas geodésicas son: $33^{\circ} 11' 30''$ latitud sur y $63^{\circ} 17' 30''$ de longitud oeste. El pueblo de Santa Eufemia, se funda en el año 1894, e inicia su desarrollo junto a la construcción del ferrocarril, que unía la localidad de Rufino con Villa María (Cagliesi, 1994). El FFCC se levanta en la década del 70 y la ruta provincial 4 es la principal infraestructura de conexión tanto para el transporte de productos como de personas. La localidad albergaba a 2.417 habitantes en el año 2010, CNP – INDEC.



Figura 11.2. Localidad de Santa Eufemia, provincia de Córdoba Argentina. Fuente: Elaboración propia.

La localidad cuenta con los servicios públicos (electricidad, telefonía, internet, educación primaria y secundaria, dispensario municipal, etc.) comerciales y financieros. Además, dos plantas industriales que procesan el fruto del maní. Y en la zona rural de influencia se realizan las actividades agrícolas (soja, maíz, maní) y ganaderas (bovinas de carne y leche, porcinas) típicas de la región pampeana.

La visión de largo plazo - año 2030 – fue establecida inicialmente con el gobierno local como horizonte de planificación de largo plazo. La visión 2030 en este *caso* incluye la localización en el territorio del parque industrial, la zona de residencia urbana futura, y la zona de amortiguación.

Alternativas de localización del Parque Industrial

Las localizaciones tentativas del Parque industrial (LPI) identificadas con los actores locales inicialmente son diez (10). En el Taller, con el gobierno municipal y los referentes convocados se muestran los estados de avance y se acuerda: tres sitios competitivos para LPI. Los sitios descartados fueron realizados por los propios proponentes cuando se comparte la información sistematizada. Es importante notar que las propuestas emergentes de los actores son incluidas aun reconociendo matemáticamente que son dominadas por otras. El descarte se realiza ayudando a madurar con la información sistematizada y en este caso se realizó la visita a dos parques industriales para que los participantes pudieran observar, analizar y discutir en terreno los posibles inconvenientes y las ventajas de cada propuesta. Este proceso de maduración mejora el proceso de involucramiento y participación de los actores.

Los siete sitios descartados fueron: por la proximidad al agua subterránea, freática, las que estaban en proximidad urbana por los riesgos de ruidos molestos, polvillo, tránsito a los vecinos en las zonas residenciales y la localizada en Pedro Funes por la distancia a la localidad.

Elección de localización de parque industrial

Las propuestas competitivas de LPI son tres cuya ubicación se detallan a continuación (ver detalle en la Figura 11.3):

LPI-Este (Sibona-Gigo – Viater o AGD): propuesta de LPI al este de la localidad de Santa Eufemia en los campos: de Sibona – Gigo – Viater o en la Estancia La Paz de la AGD. La distancia entre las últimas residencias de la localidad (mancha urbana) y el parque es más de 500 m. Esta localización requiere de una conexión a la Ruta Provincial 4. Para ello existirían dos opciones: a) recuperación y pavimentación de calles de tráfico pesados desde la localidad, y b) mediante una nueva ruta de circunvalación desde la Ruta Provincial 4 (identificada en la Figura 11.2) y usada en la comparación entre propuestas.

LPI-Norte (Berarsarte): propuesta LPI al norte de la localidad de Santa Eufemia, en el campo de Berarsarte, situado sobre y al oeste de la Ruta Provincial 4 y con acceso directo a la misma. El acceso del personal desde la localidad puede utilizar los senderos (al cementerio).

LPI-Sur (Ryan/Fressi): propuesta de LPI al sur de la localidad de Santa Eufemia, en el campo de Ryan o Fressi, al oeste y con acceso directo a la Ruta provincial 4. El acceso del personal desde la localidad requiere de la construcción de un camino nuevo y el cruce por un sector de bajos.

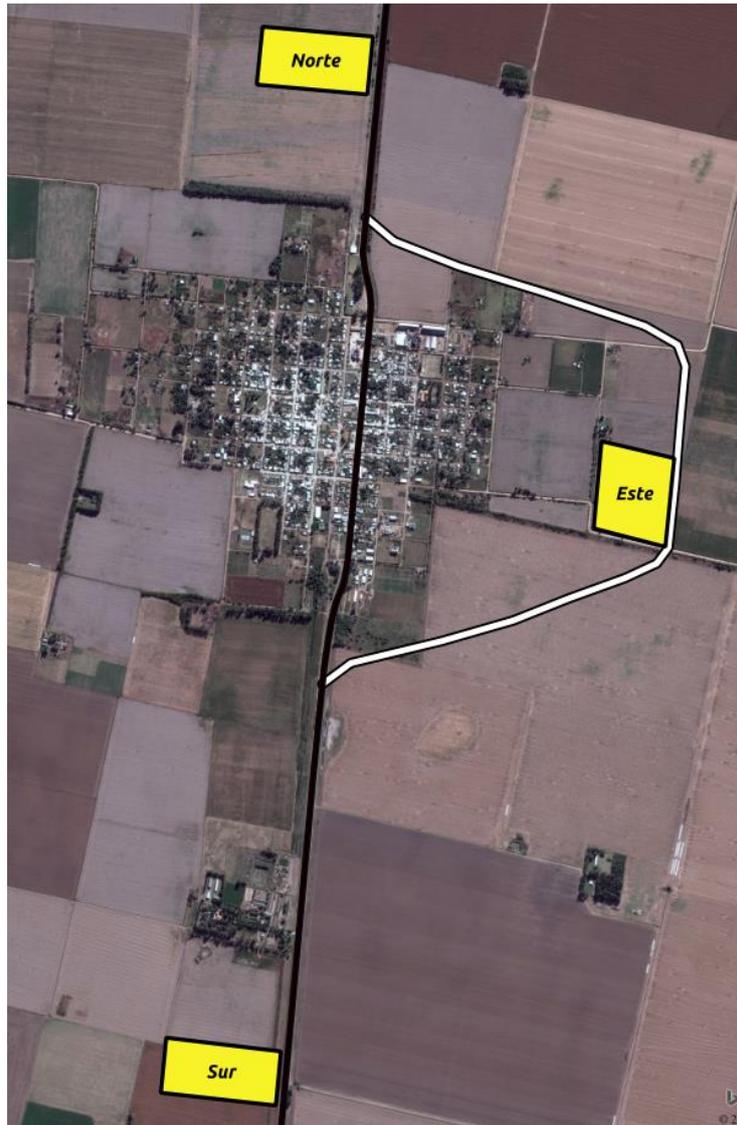


Figura 11.3. Imagen con tres localizaciones competitivas de parque industrial (Norte, Sur y Este).
Fuente: Elaboración propia.

Criterios de localización del Parque Industrial

Los criterios surgen de la bibliografía de estudios de localización, de los problemas locales: profundidad de la napa, de los participantes, y del equipo técnico. En forma similar a la identificación de las propuestas, la escucha activa de las posibles ventajas y desventajas de la localización ayuda a identificar criterios más sensibles localmente. Los criterios de LPI son siete: Dificultad de gestión de desagües y sanitarios; Riesgos de afectación por viento; Riesgo de afectación por vientos predominantes (NE-SO); Costo de infraestructura de acceso; Tierra afectada por vía acceso vehicular parque industrial; Construcción de accesos (empleados) desde el área urbana; Distancia para deposición de residuos sólidos del parque industrial; Abastecimiento agua industrial, incendios y servicios ver detalles de los valores en la Tabla 11.1.

C1. Dificultad de gestión desagües pluviales y sanitarios

Este criterio cualitativo muestra la diferencia entre las LPI que aprovechan el paisaje regional para descargar los excedentes pluviales provenientes de la laguna de retardo del parque industrial a favor de la pendiente y usando las condiciones topográficas naturales. LPI al *este* tiene un mejor aprovechamiento del paisaje dado que la pendiente natural lleva los excedentes pluviales (junto a los de la localidad) a una laguna que constituye el reservorio natural. Esta situación resulta beneficiosa para la gestión de desagües pluviales y sanitarios del parque. En contraste, los LPI al norte y sur tienen diferencias cualitativas. La opción Norte hace necesario construir un canal para conducir los excedentes hídricos a favor de la pendiente a un sitio natural y las cloacas con su tratamiento *in situ*. En tanto, para la opción Sur es necesario cruzar con un canal una loma para trasladar los excedentes pluviales del parque hacia el arroyo Chucul.

C2. Riesgo de afectación por vientos predominantes

Este criterio hace referencia a cómo impactaría la localización del parque industrial a la población urbana por efecto de las derivas de polvillo, partículas en suspensión, ruidos molestos, olores, etc., debido a los vientos predominantes del noreste. En este sentido, la propuesta LPI-Norte es la menos favorable. En contraste con la LPI-norte, las propuestas LPI-Este y en especial la LPI-Sur tendrían menores impactos relativos sobre la población.

C3. Costo de construcción de acceso vehicular al parque industrial

El parque industrial debe ser localizado con accesibilidad a y desde la Ruta Provincial N° 4. El costo de construcción del acceso vehicular al parque industrial desde la Ruta provincial N° 4. Existen dos localizaciones PI-Norte y PI-Sur que no necesitan construcción de rutas adicionales dado que aprovechan la Ruta Provincial 4. La localización del PI-Este de la localidad puede realizarse inicialmente desarrollando la construcción de una ruta en las calles de tráfico pesado o incluir la posibilidad de realizar la ruta de circunvalación a la localidad de Santa Eufemia. Esta obra, además de darle acceso vehicular al parque industrial, reduciría el tráfico vehicular en la localidad.

Ambas opciones tienen un costo de construcción importante. Para habilitar las calles de tráfico pesado se estima entre 12 a 15 millones de pesos mientras que la obra para realizar la ruta de circunvalación se estima entre 20 y 80 millones de pesos. La cifra menor de la ruta de circunvalación surge de \$5 millones por km por 3,5 a 4 km de construcción de la circunvalación en la Ruta provincial 4 en Santa Eufemia. La obra de la circunvalación es de competencia jurídica del Estado provincial.

C4. Tierra afectada por la vía de acceso vehicular

Este criterio considera los efectos de la ruta de circunvalación de acceso al parque industrial sobre las tierras localizadas al este de la localidad. Las tierras ubicadas entre la población urbana y la circunvalación no podrán desarrollar zonas residenciales y probablemente será difícil mantener en ellas cultivos extensivos. Por lo tanto, será necesario asignarle usos restringidos, por ejemplo, área de servicios, taller mecánico, estación de servicio, etc.

C5. Construcción de accesos para empleados desde al área urbana

La accesibilidad desde Santa Eufemia es importante para movimiento de las personas entre el parque industrial y sus domicilios. Se considera la proximidad al radio urbano o accesibilidad, medido en metros. Este criterio muestra la distancia desde el centro de la localidad de Santa Eufemia al parque industrial. Menores distancias al parque industrial desde la localidad significan menos gastos energéticos (\$/año) y menos emisión de gases efecto invernadero (CO₂ equivalente / año) del tránsito entre el parque y la localidad. Además, es menos costoso dotarlo de opciones de acceso en diferentes medios de movilidad: caminando, bicisendas, o vehículos particulares y más confort para los empleados e industriales y servicios por cercanía. Para reducir los riesgos de contaminación sonora, polvillo, olores, y otros, las localizaciones consideradas tienen una distancia mayor o igual a 500 m desde la zona residencial.

C6. Deposición de residuos sólidos del parque, distancia al basural municipal

Este criterio toma en cuenta el esfuerzo de traslado de los residuos del parque, tomado como la distancia entre el parque industrial y el depósito de residuos municipal. Evidentemente la opción del LPI-Norte es la más cercana en contraste a la LPI Sur la más lejana, quedando en una posición intermedia la opción PI-Este.

C7. Abastecimiento de agua industrial, incendios y servicios

C7 considera los costos de dotar al parque de los servicios de agua, tanto para el desarrollo de los procesos industriales que utilizan este insumo, como para los sistemas de seguridad laboral, control de incendios, limpieza, etc. La opción más desfavorable según este criterio es la del PI-Este, ya que es la que más distante se encuentra de la red troncal del acueducto de la Ruta Provincial 4.

Tabla 11.1. Matriz de decisión: localización del parque industrial, Santa Eufemia

	C1 Cualitativo*	C2 Cualitativo*	C3 \$ x 1000	C4 Ha	C5 M	C6 M	C7 M
LPI-Este	1	2	28.000	120	1.400	4.000	1.700
LPI-Norte	2	4	0	0	1.500	2.500	0
LPI-Sur	4	1	0	0	3.000	5.500	0
Objetivo	min	min	min	Min	min	min	Min

Nota: LPI: Localización del parque industrial, C1: Dificultad gestión de desagües pluviales y sanitarios; C2: Riesgo de afectación por viento predominantes (NE-SO); C3: Costo de infraestructura de acceso; C4: Tierra afectada por vía acceso vehicular parque; C5: Construcción de accesos (empleados) desde el área urbana; C6: Deposición de residuos sólidos del parque, distancia al basural; y C7: Abastecimiento agua industrial, incendios y servicios. * los criterios cualitativos se han asignado valor para que el número menor representa la mejor localización para el criterio. Fuente: Elaboración propia.

Preferencia de localización del parque industrial

Las preferencias por las localizaciones fueron relevadas en el Taller y se muestran en la Tabla 11.2. La mayor ponderación la recibe el C2: Riesgo de afectación por vientos predominantes (NE-SO) con un valor de 8,3 del índice de 10 puntos y el menor desvío. En tanto, el criterio de menor importancia en promedio fue el C1: Dificultad gestión de desagües pluviales y sanitarios con un valor de 5,3 y un desvío más grande.

Posteriormente, se procedió a identificar el orden de las LPI usando el método PROMETHEE para las preferencias individuales y por consenso se estableció el orden definitivo. La función de preferencia común o usual fue usada para los índices cualitativos criterios C1 y C2; y función de preferencia lineal para los criterios cuantitativos utilizando 10% y 90% del rango como índice de indiferencia y preferencia absoluta respectivamente.

El resultado por consenso: la LPI-Sur en primer lugar, seguido por la LPI-Norte y en tercer lugar el LPI ESTE. Este consenso se logró después de observar los resultados individuales donde las LPI-Sur y LPI-Norte compiten en la primera posición con predominancia individual del segundo. Es importante notar que en todos los casos individuales o grupales el LPI-Este quedó en la tercera posición. Después, de alcanzado el consenso se chequea individualmente cuando se relevan las preferencias de las propuestas de expansión urbana (ver detalles en el próximo apartado).

Tabla 11.2. Preferencias individuales de los criterios de localización del parque industrial

Grupos	Ponderación de los Criterios						
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
I	6	8	9	8	8	6	6
II	2	8	6	4	7	4	3
III	8	5	10	8	10	7	9
IV	3	8	10	10	10	7	8
V	10	10	5	8	5	10	7
VI	10	10	5	8	5	10	7
VII	10	10	5	8	5	10	7
VIII	5	8	8	7	4	7	3
IX	5	8	6	6	4	7	3
X	3	8	10	9	5	2	7
XI	1	8	10	9	5	2	7
XII	1	8	10	9	5	2	7
Promedio	5,3	8,3	7,8	7,8	6,1	6,2	6,2
Desvío	3,5	1,4	2,2	1,6	2,2	3,1	2,0

Nota: Ponderación entre 0 y 10; donde cero (0) no es relevante, elimina el criterio; y de 1 a 10 el grado de importancia de menor a mayor. C1: Dificultad gestión de desagües pluviales y sanitarios; C2: Riesgo de afectación por viento predominantes (NE-SO); C3: Costo de infraestructura de acceso; C4: Tierra afectada por vía acceso vehicular parque; C5: Construcción de accesos

(empleados) desde el área urbana; C6: Deposición de residuos sólidos del parque, distancia al basural; y C7: Abastecimiento agua industrial, incendios y servicios. Fuente: Elaboración propia.

Es importante aclarar que el precio de la tierra y la modalidad de negociación dependen de condiciones no controladas por el gobierno local y la mayoría de los participantes reconoce que ambas alternativas son competitivas; inclusive los actores locales reconocen que la LPI-Este también es competitiva si fuera incluida como parte de un plan provincial o nacional que mejore la movilidad de interurbana.

Propuestas de expansión urbana (PEU)

El segundo elemento de la propuesta visión 2030 son las áreas destinadas para la expansión urbana. Es importante notar que las dos plantas industriales de la localidad han quedado en el medio de la zona residencial y las quejas de los vecinos posiblemente motivaron este emprendimiento inicialmente. Se han identificados cinco PEU ver detalles en la Figura 11.4.

PEU-1: Tendencial “*Actuamos como de costumbre*” en términos, de población y poblamiento. La población proyectada es de 3.100 habitantes para el año 2030. El área para albergar a la población en total alcanzará 337 ha, 205 ha adicionales al ejido municipal actual (ver detalles en Figura 11.3: PEU1). El patrón establecido de localización de las residencias es sugerido, aunque se expande hacia los cuatro puntos cardinales ocupando parcialmente el nuevo ejido urbano y amplían las áreas de espacios baldíos dentro de nuevo ejido. Este patrón de poblamiento es similar al desarrollado en la evolución histórica de la localidad. Las zonas dentro de la mancha urbana con los servicios tienen una barrera importante de entrada por el costo de la tierra, proximidad al centro. Por ello, motivados por el menor valor de la tierra se adquieren terrenos más alejados del centro en general sin servicios públicos; posteriormente se gestiona ampliación del ejido, la infraestructura y los servicios. Al acceder a los servicios y ampliación del ejido, las tierras baldías se revalorizan y se vuelven una barrera para los nuevos residentes.



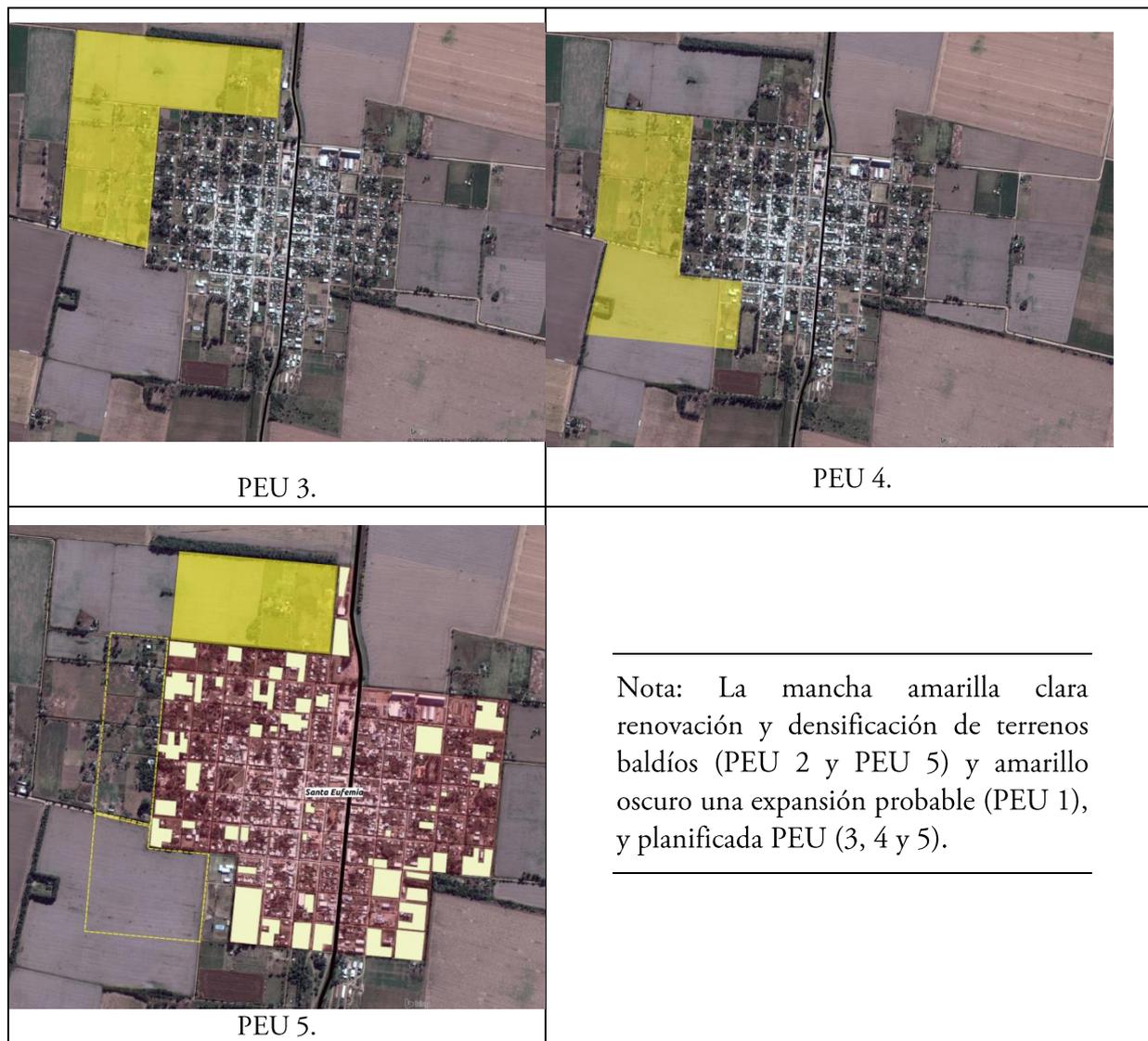


Figura 11.4. Propuestas de expansión urbana Santa Eufemia, Córdoba, Argentina. Fuente: Elaboración propia

PEU 2: Ecomuna. Esta propuesta alberga 3.100 habitantes y se basa en los principios de poblamiento de la Ecomuna, sistematizados por Gaffron *et al.* (2008): minimizar el uso de recursos naturales, los impactos ambientales, y requiere de cambios de comportamientos individual y colectivo de la sociedad importantes.

La ecomuna para densificar y renovar requiere eliminar o reducir los incentivos económicos especulativos de los dueños actuales de los terrenos baldíos o viviendas en desuso. También, requiere incrementar el presupuesto público y complejidad en la gestión de los residuos sólidos urbanos, ya que implica: a) reducir la cantidad de residuos sólidos que los hogares desechan, b) reusar elementos o materiales tanto como sea posible, c) reciclar los residuos para minimizar la cantidad total de residuos finalmente no aprovechables y d) reducir los costos de transporte y de tierras asignables a esta función. Además, la ecomuna requiere uso mixto del suelo y cambio en la infraestructura de movilidad urbana: primero peatonales, bicisendas, transporte público y por último infraestructura para el automóvil. Va en contra del sentido común o *status quo* de la comunidad (todo hecho para el automóvil).

Estos requerimientos son considerados mediante el criterio de Esfuerzo Político-Institucional. De hecho, en la medida que la visión de futuro más se aleja del *status quo* o *situación actual*, mayor es el esfuerzo político y de gestión para implementar los cambios.

PEU-3: Noroeste y **PEU-4:** Suroeste tiene una expansión compacta por etapa alcanzando 205 y 198 ha de superficie de suelo ocupado para el año 2030 (ver detalles en la Figura 11.5 y Figura 11.6 respectivamente). La población proyectada para estas alternativas aumenta a 4.000 habitantes y se considera un patrón de poblamiento compacto con requisitos de sostenibilidad en la zona de expansión: prioriza el desarrollo de infraestructura pública, espacios abiertos o verdes prioritarios y la ocupación por etapas. Ambas localizaciones aprovechan la infraestructura actual de calles.

Tiene la ventaja con respecto a la ecocomuna que alberga más población, requiere de menor esfuerzo institucional, aunque tiene mayor consumo de recursos y de costos de provisión de infraestructura pública. En tanto, PEU 3 y PEU 4 también supera al PEU 1 en albergar más población con menores costos de infraestructura pública y servicios, pero la PEU 3 y 4 tienen la desventaja de mayor esfuerzo político institucional que la PEU 1.

PEU-5: Econoroeste. Esta propuesta alberga la población de 4.000 habitantes para el año 2030. El poblamiento utiliza: a) renovación y densificación en el ejido urbano actual (28ha), b) expansión de los límites de 23 ha, que pueden ser localizadas en las posiciones compactas (noroeste o suroeste). Simplemente, se mantiene noroeste para identificarla. La PEU-5 también adopta un sistema de gestión integral de residuos sólidos urbanos, cambio en la prioridad de movilidad urbana, cambio en la modalidad o incentivo para los terrenos baldíos en la localidad. La PEU-5 se construye primero la infraestructura de servicios, espacios abiertos y posteriormente facilita el desarrollo residencial o comercial. La PEU-5 tiene similares ventajas y desventajas de la ecocomuna aunque incluye más población.

Criterios para las propuestas de expansión urbana

A las variables que sirven para comparar propuestas de expansión urbana, denominadas criterios, se las cuantifica considerando un valor estimado que aspiramos alcanzar en el año 2030, imagen objetivo o visión.

C11. Población

La población que albergara la localidad de Santa Eufemia para el año 2030 es medida en número de habitantes (ver detalles en Tabla 11.3). La PEU tendencial y Ecocomuna alcanzan aproximadamente los 3100 habs. para el año 2030 mientras que PEU 3, 4 y 5 aspiran a incrementar la población alcanzando los 4.000 habitantes para el año 2030, con doble objetivo: crear oportunidades en el lugar para albergar más población y reducir las presiones de poblamiento en los centros urbanos de Argentina o Córdoba.

C12. Costos de conversión de las tierras

El costo de conversión de tierras, medido en (\$), representa el valor de pérdida de la renta agraria que se deja de percibir como consecuencia de la urbanización (ver Tabla 11.3). La urbanización lleva implícita conversión de tierras rurales y depende del patrón de urbanización y la cantidad de tierras a utilizar. Las modalidades más compactas requieren menos tierras que las más dispersas considerando la misma población y cobertura de servicios.

C13. Inversión en la red vial

La inversión en la red vial (en pesos), representa el costo de pavimentar las calles en el área de expansión urbana (Ver Tabla 11.3) y también modificaciones para cambiar las prioridades de movilidad urbana en el caso de ecocomuna. Este valor depende de la naturaleza del poblamiento que es menor en aquellos casos que la expansión ocupa menos hectáreas en forma similar a las otras obras públicas: desagües, cloacas.

C14. Infraestructura de desagües

La infraestructura de desagües pluviales; canales, lagunas de retardo y la conducción por canal al sumidero definitivo para gestionar los excedentes pluviales generados en las áreas urbanizadas (ver Tabla 11.4). Este criterio ha sido el más importante relevado en las entrevistas personales y encuestas previo al Taller de ponderación. Las normas exigen realizar obras hidráulicas para retener el incremento de escurrimientos pluviales ocasionado por la impermeabilización del suelo en áreas con residencias, galpones, calles, veredas o cualquier otro sitio impermeabilizado previo a su descarga a la red de desagüe (Secretaría de Recursos Hídricos y Coordinación, 2012). En la medida que el poblamiento es más compacto, menor es la necesidad y tamaño de obras de desagües y lagunas de retardo, y consecuentemente, el costo de inversión y mantenimiento. Por ello, este criterio usa como un proxy la cantidad de hectáreas que requiere la infraestructura de desagüe.

C15. Red troncal de cloacas

Al igual que desagües, la red troncal de cloacas, en metros, representa la extensión de la red de cloacas en toda la localidad de Santa Eufemia, incluye la cobertura del ejido actual más la expansión urbana (ver Tabla 11.4). En forma adicional, hay que considerar la planta de tratamiento de los efluentes cloacales. Esta obra depende del tipo de poblamiento y es complementaria al agua potable para reducir los riesgos sanitarios y mejoras en la salud pública de la localidad.

C16. Área de amortiguación

El área de amortiguación, medida en ha, representa un área de transición entre lo urbano y lo rural que requiere de medidas especiales para reducir posibles conflictos derivados de la naturaleza de las actividades agrarias. En el área de amortiguación, las actividades agrarias u otras se realizan con requisitos más estrictos y normalmente requieren de más control o fiscalización del Estado (ver Tabla 11.4). Por ejemplo, la delimitación de esta área en el caso de Santa Eufemia toma los 500 m de distancia desde los límites de las áreas con edificaciones urbanas (límites de la mancha urbana), incluyendo el área de edificaciones actuales, más las áreas potencialmente ocupadas por residencias en las propuestas de expansión urbana. En esta área de amortiguación, además de cumplir con la legislación vigente es conveniente involucrar a los productores para que desarrollen un plan mínimo (que puede incluir medidas especiales como barreras forestales, buenas prácticas de agricultura o promover modalidades de agricultura u otros usos compatibles entre los intereses del productor o propietario de la tierra agraria y la comunidad urbana). Es importante establecer un nexo de comunicación para anticiparse a los conflictos que pueden emerger en el futuro si no se desarrolló un sentido de comunidad integrada a su territorio y productores con responsabilidad en el desarrollo y cuidado del ambiente. Por ello, el plan mínimo debe tomar las cuestiones sensibles para la población urbana y vecinos y después materializarlas. Posteriormente, se requiere del Estado fiscalizar el uso restringido de productos químicos o biológicos de uso agropecuario de

acuerdo a la Ley 9164 “los productos químicos y biológicos de uso agrario”, otras leyes o resoluciones locales, y los acuerdos del plan mínimo.

C17. Transporte de residuos sólidos domiciliarios

La cantidad de residuos sólidos urbanos transportados, medido en toneladas/año, dependen de la modalidad de tratamiento y aprovechamiento o gestión de residuos y de la cantidad de habitantes. Existen diferentes modalidades de gestionar los residuos sólidos domiciliarios y para este caso se asume una modalidad compatible con los patrones de urbanización discutidos. En el caso, PEU-2 y PEU-5 los residentes separan los residuos sólidos de acuerdo a la naturaleza: orgánico y no orgánico. Los residuos orgánicos son aprovechados en el jardín o la huerta propia o de los vecinos. En el caso de modalidades compactas de poblamiento la separación se realiza en las residencias localizadas en las áreas de expansión urbana solamente. En contraste, en la PEU1. Tendencial se mantiene la modalidad actual y proyecta un aumento de acuerdo al comportamiento normal en hogares que no están involucrados con la gestión de residuos. En la Tabla 11.5, se muestran las cantidades de residuos sólidos domiciliarios generados, reciclados en el hogar y el transportado. El residuo sólido domiciliario no orgánico (40%-50% del total generado) es recolectado y transportado hasta la deposición final y puede existir algún mecanismo de recolección y tratamiento diferenciado. Los requerimientos de transporte de residuos sólidos domiciliarios constituyen un indicador importante del nivel de aprovechamiento en el sitio y compromiso de la comunidad.

C18. Exposición al parque industrial localizado en el norte

La exposición al parque industrial, criterio cualitativo que representa el riesgo de molestia o malestar causado en la nueva zona de expansión urbana debido a la acción del viento y la localización del parque industrial (ver detalles en Tabla 11.6). Este criterio fue incluido para corroborar la decisión tomada en la decisión de localización del parque, chequear el consenso alcanzado. Si los actores están de acuerdo con la decisión tomada de localización sur, asignan cero al criterio. De otro modo, si piensan que la localización norte es mejor asignan una ponderación. La PEU 1. Tendencial y PEU 3 si el parque industrial se localizó en el norte el índice toma valores mayores porque la frecuencia de vientos mayor es del noreste. En tanto, el PEU 2 y PEU 5 opción sur toma los valores menores. El PEU 4 suroeste toma un valor intermedio. El objetivo es minimizar la exposición del área residencial a los posibles ruidos, olores, polvillo del parque, aunque se consideren las medidas de mitigación de estos posibles efectos indeseados (barreras).

C19. Esfuerzo político institucional

Esfuerzo político institucional (cualitativo), mide la dificultad para modificar el comportamiento del Estado y a través de éste los comportamientos de los individuos, familias y hogares. EPI considera la distancia o brecha entre el comportamiento social de la situación actual y el requerido en la visión 2030 (ver detalles en Tabla 11.6). La versión de menor esfuerzo político institucional es la que mantiene la tendencia o tendencial. En contraste, el esfuerzo político institucional en aquellos casos que se cambia el patrón de poblamiento, PEU-2 y PEU-5 que adoptan el concepto de ecocomuna es necesario cambiar el comportamiento de la población y las actuaciones del Estado. En tanto, el esfuerzo político institucional será intermedio en las otras formas de poblamiento compacta. La idea de compacto permite diferenciar el comportamiento de los habitantes que ya se encuentran

radicados en la localidad de aquellos que se localizan en las áreas de expansión. La política de las áreas de expansión puede ser similar a la ecocomuna.

Tabla 11.3 Matriz de decisión propuesta de expansión urbana por criterios

	C11	C12	C13	C14	C15	C16	C17	C18	C19
	Habs.	\$x 1000	\$ x 1000	ha	M	ha	T/año	Índice	Índice
PEU 1. Tendencial	3.100	30.750	82.750	337	58.200	443	905	5	1
PEU 2. Ecocomuna	3.100	0	2.000	132	25.100	280	424	1	5
PEU 3. Noroeste	4.000	10.950	31.000	205	37.500	325	689	5	3
PEU 4. Suroeste	4.000	9.900	28.750	198	36.600	325	689	2	3
PEU 5. Econoroeste	4.000	3.300	13.000	154	29.500	280	548	1	4
Objetivo	máx	min	min	min	Min	min	min	Min	min

Nota: C11: Población, en habitantes; C12: Costo de la tierra, en pesos por mil; C13: Inversión infraestructura vial, en pesos por mil; C14: Desagüe pluviales, en metros; C15: Red troncal de cloacas, en metros; C16: Transporte de residuos sólidos domiciliarios, en toneladas / año; C17: Exposición al parque industrial norte, C18: área de amortiguación, en hectárea; C19: Esfuerzo político institucional, índices cualitativos menor es el número mejor. Fuente: Elaboración propia.

Es importante notar las diferencias y complementariedad entre el índice de dificultad política y el esfuerzo económico. El esfuerzo económico para dar cobertura al 100% de la población de los servicios básicos como asumido en todas PEU significa un esfuerzo de gestión de recursos económicos importantísimo (o en la práctica reducir la cobertura de los servicios). Estos valores son considerados en términos relativos, en el costo de conversión de tierra, red de desagües, red de cloacas. En contraste, el esfuerzo político institucional mide distancia entre los comportamientos actuales del Estado y de la sociedad y lo que aspiramos para el año 2030.

El resultado muestra que los participantes prefieren la LPI-Sur como primera opción de localización de parque industrial. Confirma el consenso alcanzada en la primera decisión, aunque hay participantes que difieren en los talleres.

El criterio de mayor importancia asignado por los participantes es el C19-Esfuerzo político institucional cuyo índice de preferencia promedio 8,7 de un total de 10. El segundo criterio en nivel de ponderación fue el área de amortiguación con índice de preferencia promedio de 8.4. Posteriormente, la mayor importancia fue asignada a tres criterios: C12: Costo de la tierra (8,1), C14: Desagües pluviales (7.8), C15: Red troncal de cloacas (7.5). Los tres

criterios restantes: C11: Población, C13: Inversión infraestructura vial, C16: Transporte de residuos sólidos domiciliarios tienen un índice promedio de 6,7, 7 y 6 respectivamente.

Aunque los participantes muestran una ponderación relativamente alta de todos los criterios, el criterio con mayor diferenciación entre los que participaron fue C11: Población con desvío estándar de 2.9, coeficiente de variación del 43% y C16: Transporte de residuos sólidos domiciliarios. Es importante tener en mente que las preferencias individuales pueden ser diferentes, reconocerlas y aceptarlas para alcanzar consenso en muchos casos de compromiso. Sin embargo, estas diferencias se atenúan cuando se evalúa el *ranking* de PEU.

Tabla 11.4. Preferencias de los participantes por criterios de expansión urbana

Grupo		Preferencias por criterio								
		C11	C12	C13	C14	C15	C16	C17	C18	C19
I	ponderación	6	8	7	7	8	5	0	9	10
II	ponderación	6	8	7	7	8	5	0	9	10
III	ponderación	6	8	7	9	7	8	0	8	8
IV	ponderación	9	7	7	7	8	7	0	9	6
V	ponderación	0	9	8	8	8	6	0	6	6
VI	ponderación	10	8	6	6	4	5	0	6	8
VII	ponderación	6	8	6	8	7	7	0	8	10
VIII	ponderación	10	10	8	10	10	0	0	10	10
IX	ponderación	6	5	8	7	5	8	0	10	10
X	ponderación	8	10	8	9	10	8	0	9	9
Promedio	ponderación	6,7	8,1	7,2	7,8	7,5	5,9	0	8,4	8,7
Desvío estándar	ponderación	2,9	1,4	0,8	1,2	1,9	2,4	-	1,4	1,6

Nota: Ponderación se valora entre 0 y 10; donde cero (0) no es relevante, elimina el criterio; y de 1 a 10 el grado de importancia de menor a mayor. C11: Población, C12: Costo de la tierra, C13: Inversión infraestructura vial, C14: Desagüe pluviales, C15: Red troncal de cloacas, C16: Transporte de residuos sólidos domiciliarios, C17: Exposición al parque industrial norte, C18: área de amortiguación, C19: Esfuerzo político institucional. Fuente: Elaboración propia.

Con las preferencias ponderadas, y usando la función de preferencias lineal para criterios cuantitativos, con punto indiferencia y de preferencia absoluta del 10% y 90% del rango del criterio, y la función de preferencia común para único criterio cualitativo: Esfuerzo político institucional se realizó el *ranking* para cada participante o grupos. La primera posición del *ranking* para los participantes se muestra en la Tabla 11.9.

Tabla 11.5. Propuesta de expansión urbana mejor posicionada por individuos o grupo

Grupo	Primera posición PROMETHEE		
	Neto	Mayor fortaleza	Menor Debilidad
I	PEU5	PEU 5	PEU 3, 4, 5
II	PEU5	PEU 5	PEU 3, 4, 5
III	PEU5	PEU5	PEU5
IV	PEU5	PEU5	PEU5
V		PEU2	PEU5
VI	PEU5	PEU5	PEU5
VII	PEU5	PEU5	PEU4, 5
VIII	PEU5	PEU5	PEU4, 5
IX		PEU5	PEU4
X	PEU5	PEU5	PEU5
Promedio	PEU5	PEU5	PEU5

Nota: PEU: propuesta expansión urbana, 1, 2, 3, 4, y 5 corresponden a Tendencial, Ecomuna, Noroeste, Suroeste y Econoroeste respectivamente.
Fuente: Elaboración propia.

El resultado muestra la PEU-5 Econoroeste en la primera posición para la gran mayoría de los participantes, e inclusive para el promedio de las preferencias. En la segunda posición aparece la PEU-4 compacta al suroeste. Es importante notar que el resultado también es muy consistente. La gran mayoría obtiene mejor posicionada la PEU5-Econoroeste con mayores fortalezas, menores debilidades y consistentemente en neto la posiciona en el primer lugar. En dos casos, hay una PEU posicionada mejor en fortaleza y otra en debilidades. La que compite en la mejor posición son PEU 2 y PEU 5 en un caso y en el otro PEU 4 y 5. La posición en general la ocupa la PEU-4 en la mayoría de los casos.

La visión 2030 queda constituida por la localización del parque industrial al sur de la localidad, aproximadamente 3000 m (LPI-Sur) y la propuesta de expansión urbana PEU-5: Econoroeste que densifica y renueva las 28 ha. dentro del ejido urbano actual y la expansión compacta de 23 ha al oeste de la Ruta Provincial N° 4, en una de las posiciones oeste de la ruta (ya sea al norte noroeste o suroeste). La imagen objetivo o visión 2030 se completa con la identificación de la zona de amortiguación (ver los detalles en la Figura 11.5).

En la zona de amortiguación se restringen determinadas actividades urbanas y rurales, y se promueven actividades complementarias y sinérgicas al espacio rural y urbano. La actividad más importante que se restringe es el uso de tierras para residencias urbanas en la zona de amortiguación, queda prohibido. De este modo, las zonas residenciales quedan alejadas del parque industrial y se reducen los conflictos futuros. En tanto, las actividades rurales restringidas son aquellas que pueden afectar las zonas residenciales, uso de químicos, sistemas

concentrados de producción animal sin medidas de mitigación entre otras. En general, las restricciones se establecen por cuestiones ambientales y basados en la Ley 10208/2014 se puede exigir a los propietarios de tierras en las inmediaciones urbanas un plan de gestión ambiental.

Las actividades promovidas son funciones de soportes compatibles con el parque industrial, áreas de servicios mecánicos, servicios de combustibles, también complementarias a las actividades agrarias resguardo de maquinaria, playones para camiones, centros de transferencias de carga, área comercial asociada a la producción animal o agrícola, zonas de almacenamiento de granos, en determinadas localizaciones. También, las actividades de regulación ecosistémica, la instalación de barreras forestales o cercos vivos para reducir la incidencia de los vientos, ruidos, olores integrados con áreas verdes en las sendas peatonales, bicisenda en la infraestructura de acceso desde la localidad al parque industrial. Otra función de regulación puede estar asociada al manejo y gestión de los desagües pluviales y tratamiento y aprovechamientos de los residuos sólidos urbanos y los efluentes cloacales. Es importante notar que la potestad para regular el uso de la tierra fuera del ejido urbano requiere de acuerdo con el gobierno provincial que tiene jurisdicción sobre las tierras rurales en la provincia de Córdoba.

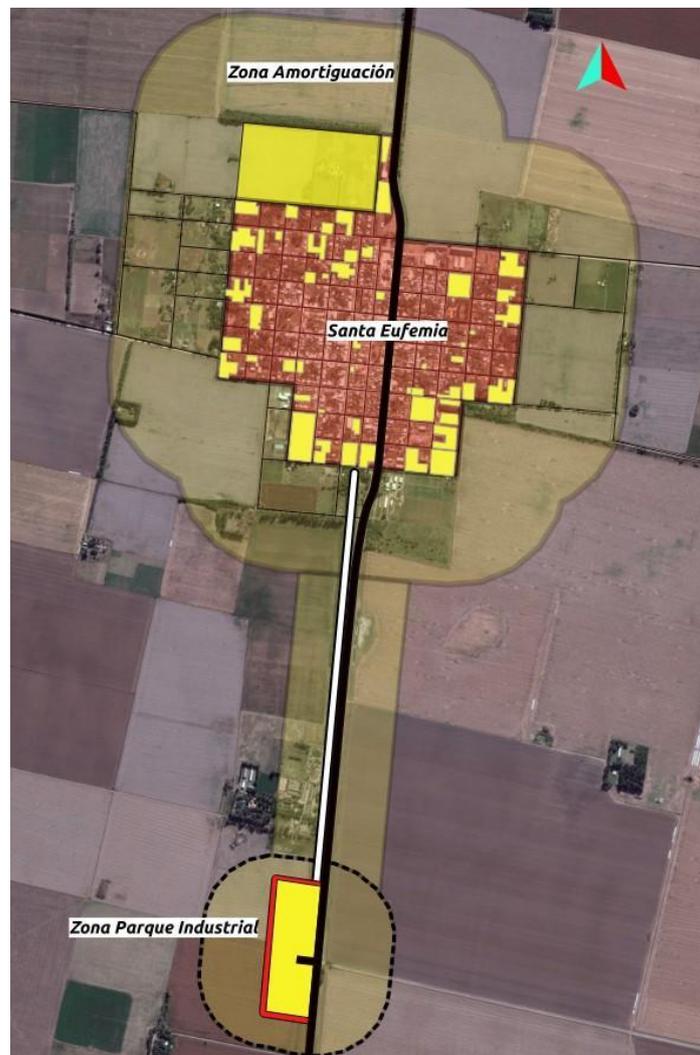


Figura 11.5. Visión 2030: PEU-5, localización del parque industrial Sur y zona de amortiguación.
Fuente: Elaboración propia.

Reflexiones finales

En este capítulo, presentamos el marco conceptual basado en la nueva planificación estratégica territorial y el método multicriterio desarrollado para localidades de pequeño tamaño donde las capacidades de planificación son relativamente bajas y el consumo de recursos tierras y los riesgos de conflictos urbanos rurales relativamente alto. El marco conceptual y el procedimiento se muestra mediante una aplicación con tres decisiones estructurales, visión 2030, en la localidad de Santa Eufemia, Córdoba, Argentina.

El PMF se ajusta al proceso político con participación de los actores locales. El periodo para la realización del trabajo fue alrededor de seis meses de acuerdo a la agenda establecida por el gobierno local. Los datos críticos fueron relevados mediante contratación de terceros. La información de medio físico, actividades económicas, población y poblamiento y las capacidades políticas institucionales se relevan por conveniencia de acuerdo a las decisiones. También, se visitaron dos parques industriales para que los participantes pudieran observar, analizar y discutir las posibles ventajas y desventajas asociadas a la localización.

Posiblemente, el hallazgo más importante visualizado el proceso globalmente es la confirmación de la necesidad de planificación estratégica territorial en localidades de pequeño tamaño. En primer lugar, el parque industrial inicialmente se iba a realizar en un área deprimida, con alto riesgos de inundación, con alta complejidad para gestionar los desagües pluviales. La localización de parque industrial al sur, que emerge del PMF significa: estructuralmente menores costos de provisión de servicios comunes, menores costos de construcción de las plantas industriales, más atractivo para la localización de las potenciales industrias, y además de menores riesgos sanitarios que la alternativa desechada originalmente.

En segundo lugar, la decisión de resguardar tierras para los residentes futuros elegida PEU5 muestra diferencias ambientales, económicas y sociales muy significativa cuando se la contrasta con el patrón de poblamiento histórico. Comparada con la PEU-1 tendencial, la visión 2030 integrada por PEU-5 y LPI-Sur alberga a novecientos habitantes adicionales con idénticas condiciones y calidad de hábitat, utiliza y afecta 183 ha menos de suelo en la urbanización, (con un ahorro mayor de 27 millones de pesos en pérdida de renta agraria), reduce entre 84% y 45% el costo de infraestructura para: la pavimentación de calles, la extensión de redes de cloacas, electricidad, internet, pluviales entre otras, y requiere de un 60% menos de zona de amortiguación. Además de las ventajas económicas, por menor uso de recursos, esta modalidad de poblamiento integrada a la zona de amortiguación mejora significativamente la calidad ambiental y reduce significativamente los riesgos de conflictos urbanos rurales futuros.

Sin embargo, el lector debe considerar que la visión es el punto de partida para elaborar el Plan estratégico territorial mínimo y los requerimientos de gestión y cambios de comportamiento son significativamente mayores. La PEU-5 requiere cambios importantes de comportamiento del Estado, y a través de éste, de la modalidad de desarrollo y ocupación del territorio. El área urbana, los espacios abiertos, la infraestructura de servicios públicos quedan establecidos previos al desarrollo residencial e industrial, con implicancias en el presupuesto público, requiere más asignación de presupuesto público en el momento inicial de las decisiones de adquisición de tierra y la construcción de la infraestructura. El precio de la tierra para el parque y el tiempo para la ejecución de la obra será mayor; negociar contrato por tierras que compiten por usos agrícolas. La visión elegida requiere regulaciones y capacidad de control para modificar los comportamientos especulativos con las tierras

urbanas, y restringir usos tanto urbanos como rurales en la zona de amortiguación. El criterio de esfuerzo político institucional captura estas diferencias significativas que favorecen las fuerzas históricas de locación. Y este punto requiere especial atención cuando se diseñen las posibles estrategias y planes de actuaciones para materializar la visión.

Reconocidas las virtudes de la planificación territorial estratégica y la posible limitación en localidades con escaso desarrollo de la planificación es necesario un esfuerzo deliberado para asistir a los gobiernos locales. En primer lugar, las instituciones públicas INTA; UUNN, deben crear capacidades en planificación territorial para asistir a los gobiernos locales y estudiar las formas más apropiadas para ayudar en las decisiones que estructuran el territorio futuro. También, es importante que el gobierno provincial y nacional desarrollen programas que faciliten la transición de localidades con alta improvisación en la construcción del territorio (asociado a factores externos, como el ferrocarril, la ruta, y la especulación con las tierras) a diseños más consensuados y planificados. Esto particularmente cobra importancia en la provincia de Córdoba con 78% de las localidades menores de 10.000 habitantes, que pueden potenciar la distribución más equilibrada de la población en el territorio.

Referencias bibliográficas

- Albrechts, L. (2010). How to enhance creativity, diversity and sustainability in spatial planning: strategic planning revisited. In *Making strategies in spatial planning* (pp. 3-25). Springer, Dordrecht.
- Aon, L., Balestri, A., Pistola, j., del Río, J. P., Ostuni, F., Alvarez, A., Wagner, A., Castellanos, J., y Miguens, L. (2012). *Estudio sobre el estado actual de la planificación en Argentina*. Recuperado de Buenos Aires, Argentina
- De Prada, J. D., Degioanni, A., Cisneros, J. M., Gutiérrez, A. C., Gil, H. A., Tello, D. S., ... & Gayetto, O. (2018). Planificación territorial: elección multicriterio interactiva del patrón de urbanización. Estudio de caso: Río Cuarto, Córdoba, Argentina//Territorial Planning: Interactive Multi-Criteria Decision for Urban Patterns. Case Study: Río Cuarto, Córdoba, Argentina. *Revista de Métodos Cuantitativos para la Economía y la Empresa*, 26:25-51.
- Gaffron, P., Huismans, G., y Skala, F. (EDS.). (2008). *Proyecto Ecocity. Manual para el diseño de ecociudades en Europa. Libro II La ecociudad: cómo hacerla realidad*. Santa María, 1-1.º • 48005 Bilbao, España.
- Secretaría De Recursos Hídricos y Coordinación. (2012). *Normas para la presentación y diseño de sistemas y obras hidráulicas en la provincia de Córdoba*. Recuperado de Córdoba, Argentina.

CAPÍTULO 12

Diseño y selección de alternativas de gestión de residuos sólidos urbanos en la localidad de Santa Eufemia, Córdoba

Cabe, E.⁵³ ; de Prada, J.⁵⁴

Resumen

La gestión de residuos sólidos urbanos (RSU) presenta grandes desafíos ambientales y económicos para la comunidad en su conjunto, y particularmente para municipios de pequeño y mediano tamaño. El objetivo del caso es desarrollar un modelo multicriterio interactivo para ayudar al diseño y evaluación de alternativas de gestión de RSU (AG-RSU) en la localidad de Santa Eufemia, Córdoba, Argentina. Se usa el método PROMETHEE para evaluar las AG-RSU y las preferencias de los decisores se relevaron en encuentros interactivos (talleres) con el gobierno municipal y actores que éste involucró. Cinco alternativas (*AG-RSU_1_Tendencial; AG-RSU_5*) fueron diseñadas y parametrizadas con cinco criterios. Los criterios de selección utilizados fueron: *Inversiones (\$); Costo Económico Municipal (CEM) (\$ año⁻¹); Emisiones GEI (Tn CO₂eq año⁻¹); Esfuerzo Político Institucional (EPI) e Involucramiento Social*. Los resultados muestran conflictos a la hora de decidir por alguna de las AG-RSU. La

53 Docente en el Departamento de Economía Agraria, Facultad de Agronomía y Veterinaria, Universidad Nacional de Río Cuarto. Contacto: ecahe@ayv.unrc.edu.ar

54 Docente en el Departamento de Economía Agraria, Facultad de Agronomía y Veterinaria, Universidad Nacional de Río Cuarto. Contacto: jdeprada@ayv.unrc.edu.ar

AG-RSU_1, *AG-RSU_2* presenta mejores resultados en los criterios *Inversiones* y *EPI*, pero baja performance ambiental y económica. En contraste, la *AG-RSU_3* para los criterios *EGEI* (*Gases del efecto invernadero*) (2.792 Tn CO₂eq año⁻¹) y *CEM* (\$2.687.699 año⁻¹; USD189.275) presenta los mejores resultados y se posiciona como más promisorio para la gestión de RSU locales. De hecho, los involucrados asignaron mayores pesos al criterio *Involucramiento social* y menores al criterio económico *CEM*. La *AG-RSU_3* se posiciona en el primer orden de las alternativas rankeadas, seguida por la *AG-RSU_4*. Por último, los resultados muestran que hay mejores AG-RSU que las modalidades actuales desarrolladas en diferentes municipios de pequeño y mediano tamaño de la región y el país, donde además se propone integrar la educación ambiental con el involucramiento del hogar, la escuela, el Estado y toda la comunidad para la solución de un problema estructural común a todos.

Palabras claves: Métodos multicriterio; compostaje; interactivo; residuos sólidos urbanos (RSU); Emisiones GEI.

Introducción

El crecimiento de la generación de los residuos sólidos urbanos (RSU) tiende a superar la tasa de urbanización (Hoornweg y Bhada-Tata, 2012), y constituirá un problema económico y ambiental cada vez más desafiante para la sociedad. La generación de RSU y la falta de control en la deposición final de los mismos afectan negativamente: a) el ambiente y los recursos naturales, por ejemplo, emisiones gases efecto invernadero -EGEI- (e.g. Adhikari *et al.*, 2010; Ayalon *et al.*, 2001; Gupta *et al.*, 2015); b) la salud pública, como mayor probabilidad de enfermedades a personas que se exponen diariamente a focos de contaminación (Saidón, 2013); y c) la economía, del hogar y del Estado (Aleluia y Ferrão, 2017; Szantó Narea, 1996).

Estos efectos no deseados son más marcados en localidades de pequeño tamaño. Por ejemplo, en la provincia de Córdoba, Argentina, hay un total de 427 localidades de las cuales solo 30 localidades tratan y revalorizan RSU antes de su deposición final, mientras que las 397 restantes solo realizan recolección domiciliaria (Delgado *et al.*, 2011). Según estos autores, alrededor de 300 localidades, la mayoría pequeñas, depositan e incineran RSU en basurales a cielo abierto (BCA) a pesar de que la ley provincial N° 9.088/03 lo prohíbe.

La gestión de RSU (GRSU) ha sido estudiada en cuatro perspectivas. En primer lugar, los autores han puesto de manifiesto la relación entre la GRSU y las externalidades ambientales negativas a los servicios ecosistémicos (Chen y Lin, 2008; Chidiak y Bercovich, 2004; Oliveira *et al.*, 2017). Desde otra perspectiva los autores estudian y desarrollan tecnologías para la GRSU. Por ejemplo, hay autores que desarrollaron técnicas para reducir las emisiones GEI y los costos de la GRSU (Adhikari *et al.*, 2010; El-Hamouz, 2008). Como así también para la transformación de: a) residuos orgánicos en biogas; enmiendas (Chien Bong *et al.*, 2017; Hargreaves *et al.*, 2008; Sztern y Pravia, 1999) o de RSU a otras formas de energía (Korai *et al.*, 2017; Zhou *et al.*, 2015). En la tercera perspectiva, los autores estudian el comportamiento social en relación a la GRSU; por ejemplo, consumo sostenible (Delgado, 2013); compras inteligentes (Armijo, 2005; Gaiani *et al.*, 2017); y tratamiento domiciliarios aplicables a algunos RSU (Jouhara *et al.*, 2017; Wei *et al.*, 2017). En la cuarta perspectiva, varios autores han desarrollado los métodos para evaluar y ayudar a elegir propuestas de GRSU.

En esta última perspectiva, los métodos se han clasificado en dos enfoques: monocriteriales y multicriteriales (Falconí y Burbano, 2004). Los primeros usan un criterio generalmente asociado a la dimensión económica tal es el caso del análisis beneficios costos (Pin *et al.*, 2018;

Szantó Narea, 1996). En cambio, los métodos que usan el enfoque multicriterio o de ayuda a las decisiones multicriterio (ADM) consideran más de un atributo y suelen incluir diferentes dimensiones como: la económica, la ambiental y la social (Falconí y Burbano, 2004). Soltani *et al.* (2015) realiza una revisión bibliográfica sobre los métodos ADM en la GRSU. Los autores mencionan que los métodos ADM han sido usados con énfasis para seleccionar: a) la mejor planta de tratamiento de RSU (38 artículos); y b) la localización del sitio de deposición final de RSU (30 artículo) y c) ambos (solo un artículo). También, Soltani *et al.* (2015), muestran que mayoría de los artículos no consideran la participación de los interesados (62% versus 38% de los artículos); mientras que cuando los actores han participado, lo hacen principalmente en la asignación de pesos (21 artículos), la elección de criterios (14 artículos) y la evaluación de alternativas (9 artículos). Los métodos ADM más usados son: análisis jerárquico, AHP (Analytic Hierarchy Process) y sus variantes; y los métodos de superación, como PROMETHEE (Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluation), ELECTRE (ELimination Et Choix Traduisant la REalité). También, TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to an Ideal Solution) como uno de los métodos de superación más utilizados para seleccionar entre 10 alternativas tecnológicas de disposición de RSU parametrizadas con 18 criterios (Arıkan *et al.*, 2017).

Los métodos de superación realizan comparaciones de a pares de propuestas en cada criterio y permiten involucrar el rol de los actores interesados en el proceso de toma de decisión, como así también diferenciarlo de la parte técnica. En este sentido, se ha utilizado el método PROMETHEE en interacción con el gobierno de Santa Eufemia y los actores que éste involucró para generar una visión de largo plazo para la localidad (de Prada *et al.*, 2017a). Particularmente, se han hallado estudios que ayuden en el proceso de diseño y selección de alternativas de GRSU en localidades de pequeña y mediana escala en la Argentina, y particularmente en la provincia de Córdoba.

Por ello, el objetivo de este artículo es mostrar el diseño, valoración y selección de alternativas de gestión de residuos sólidos urbanos (AG-RSU), interactuando con el gobierno municipal y los involucrados por éste. La aplicación se realiza en la localidad de Santa Eufemia, usando el modelo multicriterio PROMETHEE para la selección y evaluación de las AG-RSU.

Las contribuciones de este artículo son tres principalmente. La primera hace referencia al desarrollo de una metodología interactiva entre diferentes actores para construir una visión futura del servicio de gestión de RSU. En segundo lugar, se identificó un criterio social cualitativo, que no había sido utilizado en nuestra provincia y marca el cambio de comportamiento de las personas para implementar una gestión sustentable de los RSU. Por último, los resultados muestran que hay AG-RSU que superan ampliamente la performance económica, ambiental y social de la modalidad actual de tratamiento RSU en la mayoría de pequeñas y medianas localidades del interior provincial.

Materiales y métodos

Área de estudio y población

El área de estudio corresponde al Municipio de Santa Eufemia, ubicado en el departamento Juárez Celman, provincia de Córdoba, Argentina. Las coordenadas geográficas son (Latitud 33°11'30'' S; Longitud 63°17'30'' O) (Figura 12.1).

En el diseño del servicio de GRSU se consideran dos tamaños de población para el año 2030. El primer tamaño de población, *tendencial* se usa la proyección de población con el modelo

geométrico (Torres-Degró, 2011) y los datos de los censos nacionales de población año 2001 y 2010 (INDEC, 2001, 2010). El segundo tamaño de población, para las AG-RSU (2, ...5) se utiliza una *meta de población* para el año 2030, consensuada por el gobierno municipal y los actores involucrados.



Figura 12.1. Localización, Santa Eufemia, Córdoba. Fuente: Elaboración propia

Producción de residuos sólidos urbanos (PRSU)

La PRSU se calculó considerando la frecuencia anual de recolección por el peso de RSU recolectados por el compactador. La frecuencia de recolección anual es 312 (tres días por semana con dos recolecciones por día); tara del camión recolector completo (11.800 kg), vacío (8.800 kg), realizada en enero de 2016. La proyección de la producción RSU considera un incremento anual per cápita del 1%.

Alternativas de gestión de residuos sólidos urbanos (AG-RSU)

Se diseñaron por aproximaciones sucesivas cinco AG-RSU a nivel de perfil de proyecto (Szantó Narea, 1996, 1998). El diseño de AG-RSU incluye: generación, recolección y transporte, valorización y deposición final. De acuerdo con los autores Delgadino *et al.* (2011) se considera que el 60% de los RSU generados en cada alternativa corresponden a restos orgánicos. La **AG-RSU_1** “*Tendencial*” (o modalidad actual) implica la recolección; transporte (30.858 km año⁻¹) y deposición final con incineración de RSU en BCA local. La AG-RSU_1 requiere de inversiones para ajustar y acondicionar al marco legal (Ley Provincial 9.088/10.208) el BCA. La **AG-RSU_2** implica recolección; transporte (40.225 km año⁻¹); y tratamiento en una planta ubicada en el predio del Basural Municipal Acondicionado (BMA) para luego depositar controladamente los RSU que no tuvieron valor. La **AG-RSU_3** involucra grandes cambios como: separación de RSU en origen y compostaje domiciliario; recolección de inorgánicos por lo que las distancias de transporte se reducen (19.719 km año⁻¹); clasificación de materiales reciclables, valorización y deposición controlada en el BMA. La AG-RSU_3 requiere de inversiones intangibles en educación ambiental y extensión, estimadas en \$ 400.000 (USD 29.169), para acompañar a los usuarios (hogares) en la elaboración de compost domiciliario (o proximidad). La **AG-RSU_4** implica la separación de RSU en origen; recolección diferenciada y transporte (53.430 km año⁻¹), donde los residuos inorgánicos son trasladados a una planta regional de tratamiento en La Carlota (30 km al sur), mientras que la valorización de los residuos orgánicos es a nivel local. Por último, la **AG-RSU_5** requiere separación de RSU en origen; recolección diferenciada y transporte (40.225 km año⁻¹); donde la clasificación y deposición controlada en igual a la AG-RSU_2.

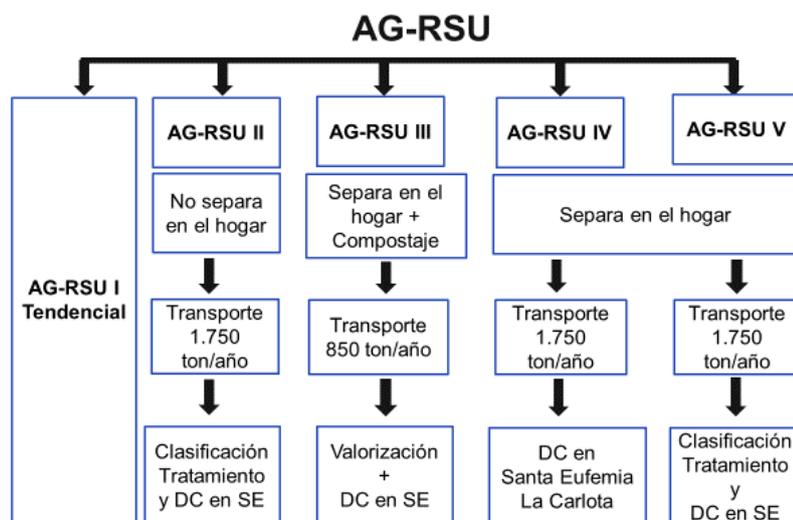


Figura 12.2. Alternativas de gestión de residuos sólidos urbanos Santa Eufemia 2030. Referencias. (DC) deposición controlada; (SE) Santa Eufemia. Fuente: Elaboración propia

Criterios

Los criterios de comparación entre AG-RSU son cinco, y derivan del paradigma de desarrollo sostenible. En la dimensión económica consideramos dos criterios: *Inversiones*, medidas en \$, y *Costo económico municipal (CEM)* medido en \$ año⁻¹, ambos criterios valorados a precio corriente mayo 2016 (Divisa: \$ 14.2 = 1 USD). En la dimensión ambiental consideramos *Emisiones gases efecto invernadero (EGEI)*, medido en *ton CO₂eq. año⁻¹*. En tanto, en la dimensión social utilizamos dos criterios: *Esfuerzo político institucional (EPI)* e *Involucramiento social*, ambos calificados como indicadores cualitativos.

Las *Inversiones* fueron estimadas mediante presupuestos parciales considerando un horizonte de planificación al año 2030 (Hernandez Reyes, 1996). Las inversiones fijas corresponden al acondicionamiento del BCA, construcción accesos, infraestructura y compra de un camión compactador. En tanto, las inversiones en capital de trabajo son similares a la modalidad actual. El principal contraste son las inversiones intangibles, (capital nominal) que se refieren a: estudio de diseño técnico, educación ambiental, extensión y capacitación para implementar una AG-RSU (Ver Anexo de este capítulo).

El *CEM* es el equivalente anual del valor actual de los costos (VAC), estimado por las siguientes ecuaciones (Roura y Cepeda, 1999):

$$CEM = VAC \frac{r(1+r)^T}{(1+r)^T - 1} \quad (1)$$

$$VAC = \sum_{t=0}^T \frac{I_t + go_t}{(1+r)^t} \quad (2)$$

donde I representa las inversiones, medida en \$; go representa los gastos de operación medidos, en \$ año⁻¹, r representa el costo de oportunidad del capital (6%), el subíndice t representa el tiempo, medido en años; y T representa el período de análisis. Los go están integrados por los gastos de combustibles, lubricantes; gastos de mantenimiento y

reparaciones; gastos en control y fiscalización; y salarios junto a aportes patronales de los operarios, datos provistos por la Municipalidad.

El *EPI* indica el esfuerzo necesario que debe realizar el gobierno para pasar de la modalidad actual a la AG-RSU seleccionada (de Prada *et al.*, 2017b). Este criterio social, califica el grado de dificultad para inducir un nuevo comportamiento en el Estado y a través de éste, cambiar el comportamiento de los hogares para la nueva gestión RSU.

El *Involucramiento Social* califica la necesidad de participación ciudadana y la responsabilidad de la comunidad en cada AG-RSU. Este criterio fue sugerido por los actores invitados por el gobierno para diferenciar, las AG-RSU que requieren involucramiento del hogar para separar y aprovechar *in situ* la fracción orgánica de los RSU, de otras AG-RSU que no lo requieren.

Por último, el criterio *EGEI* orienta la comparación ambiental de las AG-RSU. Las *EGEI* cuantifican la contribución de las alternativas al calentamiento global. Las *EGEI* se calcula mediante el uso del software WARM® (EPA, 2016) con datos de consumo de alimentos a partir de la hoja de balance alimenticio (FAO, 2001; IPCVA, 2015).

Procedimiento

Las interacciones con el gobierno local y los actores invitados por éste fueron realizadas en tres encuentros (talleres) en distintas fechas. En el primer encuentro se analizó la problemática y posibles soluciones. En un segundo encuentro se analizó la matriz de decisión y la valoración de los criterios. En el último encuentro, los participantes explicitaron sus preferencias mediante la asignación de peso a cada criterio y se discutió el *ranking* emergente de cada participante y se alcanzó un consenso sobre el orden de las AG-RSU. El método PROMETHEE propuesto por (Brans y Mareschal, 2005) se utilizó para elaborar el *ranking* de las AG-RSU.

Las funciones de preferencia utilizadas por el método son de dos tipos. Por un lado, se seleccionó la función preferencia *Lineal* para los criterios cuantitativos, y por otro, una función *Usual* para los criterios cualitativos. Los umbrales de preferencia absoluta (p_j) e indiferencia (q_j) fueron establecidos arbitrariamente (80% y 20%, respectivamente) y posteriormente se realizó un análisis de sensibilidad usando valores (70% y 30%, respectivamente).

Resultados y discusiones

Situación de referencia

La población de Santa Eufemia estimada para el año 2016 fue 2.567 habitantes. La generación de residuos se estimó en 967.235 kg año⁻¹, aproximadamente 377 kg RSU hab⁻¹. La población al año 2030 estimada en el estudio fue: a) *tendencial* y b) *meta de población*, 3.076 hab (992 hogares) y 4.000 hab (1290 hogares), respectivamente. La *tendencia* de población es usada para cuantificar la AG-RSU_I, mientras que la *meta de población* es utilizada para las demás AG-RSU. Para el año 2030, se estima una generación de RSU de 1.333.188 kg año⁻¹ para la AG-RSU_I, en tanto en las otras alternativas (I...V) la generación se estimó en 1.737.400 kg RSU año⁻¹.

El aumento en la generación de RSU estimada por habitante para este estudio es algo menor al proyectado para la región de América Latina y el Caribe. En Santa Eufemia, varía entre

1,02 a 1,19 kg hab día⁻¹ entre el año 2015 y 2030, mientras que en la región América Latina y el Caribe el valor proyectado asciende de 1,1 a 1,6 kg hab día⁻¹ entre los años 2010 a 2025 (Hoorweg y Bhada-Tata, 2012).

La modalidad actual de gestión de RSU en Santa Eufemia es realizada por el Municipio y consiste en dos áreas prioritarias: higiene urbana y recolección de residuos. La higiene urbana comprende el barrido de calles y mantenimiento de áreas verdes. La recolección de residuos comprende la recolección domiciliaria; transporte (realizada con camión compactador de 3 ton de capacidad) y deposición de los RSU donde son incinerados en el BCA local (Figura 12.3). El BCA carece de un sistema de control y vigilancia de acceso, y particularmente este aspecto es frecuente en otras localidades de la provincia (Delgadino *et al.*, 2011) y la nación (ENGIRSU, 2009).



Figura 12.3. Deposición final e incineración en basural a cielo abierto. Fuente: Elaboración propia

La modalidad actual de gestión mostraba un déficit presupuestario que aumentará significativamente de mantenerse la misma política tarifaria. La tarifa cobrada para el servicio de recolección de residuos e higiene urbana es de \$45 hogar mes⁻¹ (U\$D 3.20) y el déficit es cubierto por otras partidas presupuestarias. En el año 2016, el déficit presupuestario fue de \$756.960 (U\$D 53.307) y se estima que esta cifra ascendería a más de \$2.186.535 (U\$D 153.981) para el año 2030, si se mantiene la modalidad actual AG-RSU_I (Tabla 12.1).

Tabla 12.1. Resultados y proyección económica del servicio de gestión de residuos sólidos urbanos, San Eufemia

Tiempo	Hogares	Ingresos	Gastos de Operación	Neto
(años)	N°	\$ año ⁻¹		
2016	838	452.520	1.118.976	-756.960
2030	992	535.680	2.722.215	-2.186.535

Fuente: Elaboración propia con datos provistos por el gobierno municipal.

Valor de los criterios de comparación

1) Emisión de gases efecto invernadero (EGEI)

Las *EGEI* para cada propuesta se muestran en la Tabla 12.2. La AG-RSU_III presenta menos emisiones debido a que los residuos orgánicos son compostados en el hogar, reduciéndose las emisiones por transporte de RSU. En contraste, la AG-RSU_IV es la alternativa que mayor cantidad de emisiones genera, debido al transporte de residuos inorgánicos hasta una planta regional 30 km al sur de Santa Eufemia. Particularmente, la AG-RSU_III ahorra aproximadamente 2.907 ton eq. CO₂ con respecto a la PG-RSU_I, es decir 51% menos de emisiones por ton de RSU año⁻¹. Esta cifra es aún más significativa considerando que la AG-RSU_III considera la *meta de población* de 4.000 hab., mientras que la *tendencial* considera la proyección de población 3076 hab. Este porcentaje de reducción es comparable con estudios informados por Adhikari *et al.* (2010), donde estimaron que las prácticas de compostaje domiciliario reducen 50% las *EGEI* de la gestión de RSU.

La mejor performance ambiental planteada por la PG-RSU_III, también representa ventajas económicas para la comunidad. Hemos hallado que reducir una tonelada CO₂ eq. año⁻¹ equivale a \$ 430 (USD 30.5) en dicha alternativa. Otros autores, (Ayalon *et al.*, 2001) estimaron un valor de USD 19 para reducir una tonelada CO₂ eq. año⁻¹ en propuestas que plantean compostaje domiciliario para tratar los RSU. En este sentido, podemos concluir que el compostaje domiciliario es una solución factible para mitigar las *EGEI* en pequeñas localidades que adoptan al BCA como mecanismo para deposición final de RSU.

2) Esfuerzo político institucional (EPI)

El EPI cualifica las acciones del gobierno para disminuir las brechas entre el comportamiento social actual y el comportamiento necesario de alcanzar para las AG-RSU diseñadas. El esfuerzo es "*Muy bajo*" en la AG-RSU_I del servicio debido a que mantiene el comportamiento actual, en cambio es "*Muy alto*" en la AG-RSU_III implica nuevas obligaciones y cambios cualitativo de los hogares, las instituciones y el Estado. En el hogar implica, hacerse cargo de la fracción orgánica de los RSU y compostar la misma. En las instituciones, por ejemplo, en la escuela incluir en sus trayectos curriculares la enseñanza y los valores para un consumo sostenible de los habitantes y la colaboración de los hogares en las AG-RSU. En el Estado y gobierno, instalar el proyecto junto al diseño de los incentivos correctos para inducir los nuevos hábitos y penalizar los comportamientos no ajustados, lo cual representa una tarea muy sensible en Municipio de pequeña escala.

3) Inversiones

Los montos de las inversiones por AG-RSU representan un esfuerzo financiero importante para un Municipio de pequeña escala, pero la variación entre alternativas es considerable (Tabla 12.2). La AG-RSU_I presenta el mínimo valor necesario (\$2.13 MM; USD 150.000) para ajustar el BCA a la ley provincial. Este esfuerzo es considerable para un Municipio que tiene un presupuesto público anual alrededor de \$18 MM (USD 1.267.605) (julio 2016). En tanto, la AG-RSU_III que recolecta, transporta y deposita menores cantidades de RSU requiere una inversión (\$2.83 MM; USD 199.296) algo mayor que la AG-RSU_I debido a inversiones nominales. En contraste, las mayores inversiones se corresponden a las AG-RSU_II y AG-RSU_V, que requieren más de \$5.4 MM (USD 380.282) para acondicionar el BCA y se presupuesta la instalación de una planta de clasificación de residuos a nivel local. Por último, en la AG-RSU_IV el esfuerzo financiero es intermedio debido a menores costos de infraestructura para el BCA y procesamiento de residuos inorgánicos porque son trasladados a la localidad de La Carlota, Córdoba.

Las inversiones estimadas son consistentes en el rango con lo hallado por otros autores. Las inversiones entre las alternativas varían entre \$1.632 (U\$D 115) en la AG-RSU_3 a \$3.215 (U\$D 226) en la AG-RSU_II por ton⁻¹ de RSU generado (representa una relación 1:2 respectivamente). El tratamiento de residuos con compostaje domiciliario como la AG-RSU_III en la mayoría de los estudios representa el valor más bajo del rango. Por ejemplo, Adhikari *et al.* (2010) mencionan un rango entre propuestas de \$861 (U\$D 61) a \$4.940 (U\$D 349) ton⁻¹ RSU generado (una relación aproximada 1:6 respectivamente). Otros autores calculan las inversiones por ton⁻¹ RSU generado en un rango entre \$441 (U\$D 31) y \$1.677 (U\$D 118), (una relación próxima a 1:4 respectivamente) (Aleluia y Ferrão, 2017). Estos autores hallaron que el compostaje domiciliario, como alternativa de tratamiento de RSU, permite a pequeños Municipios reducir costos fijos de la gestión de RSU, en comparación a técnicas como incineración o pirolisis que son más costosas en términos financieros y ambientales.

4) Costo económico municipal (CEM)

Los resultados económicos muestran un hallazgo muy promisorio. Se ha diseñado una AG-RSU que representa un 32% menos de *CEM* por hogar que la *tendencial*. De hecho, la AG-RSU_III tiene menor *CEM* (\$2.687.699; U\$D 189.275). En contraste, la AG-RSU_III presenta mayor *CEM* en valores absolutos (\$2.951.909; U\$D 207.881), mientras que la AG-RSU_III tiene mayor *CEM* (\$4.137.896; U\$D 291.401). Esta reducción del criterio mencionado en la AG-RSU_III se debe principalmente a los menores gastos de recolección domiciliaria y al transporte de RSU. Situación similar a la encontrada por otros autores para otros estudios realizados que presentan la misma dinámica (e.g. El-Hamouz, 2008; Jouhara *et al.*, 2017).

Si la tarifa del servicio fuese equivalente al *CEM* por hogar, el ahorro más relevante se logra con la AG-RSU_III que incluye el aprovechamiento domiciliario de los residuos orgánicos. En este sentido, clasificar y aprovechar los residuos orgánicos en origen (AG-RSU_3) significa un ahorro por hogar de \$969 (U\$D 68) año⁻¹, equivalente a una tarifa de \$2.083 (U\$D 147) hogar año⁻¹ mientras que la tarifa en la AG-RSU_I costaría \$3.053 (U\$D 215) hogar año⁻¹. Según Lauf (2008), el criterio “costo” en un servicio de GRSU, es el principal factor para que personas y hogares se involucren o modifiquen sus hábitos en pos de la separación y reciclaje de RSU.

5) Involucramiento social

El involucramiento social indica la participación ciudadana en la AG-RSU. El objetivo puede ser maximizar o minimizar, en este caso el gobierno municipal y la sociedad civil consideran que más involucramiento es mejor. Por lo tanto, la dirección de este objetivo fue maximizar; consecuentemente la AG-RSU_III es la mejor y la AG-RSU_I es la que peor resultado presenta en este indicador. Cabe mencionar que el involucramiento en la AG-RSU_III refiere a clasificar RSU y compostar residuos orgánicos en el hogar.

Matriz de decisión multicriterio

La matriz de decisión refleja las AG-RSU con los valores de los criterios de selección (Tabla 12.2). La misma muestra conflictos para elegir una propuesta. Si solo nos basamos en los criterios ambientales, la AG-RSU_III es la mejor, pero la misma tiene escaso desempeño en

el área sanitaria. La AG-RSU_I presenta el mejor resultado para el criterio *EPI* e *Inversiones*, pero escaso desempeño en la parte ambiental.

Tabla 12.2 Matriz de decisión multicriterio Santa Eufemia visión 2030

Alternativas	Inversiones	CEM	EGEI	Involucramiento Social	EPI
	\$	\$ año ⁻¹	ton CO ₂ eq. año ⁻¹	Índice*	
AG-RSU_I	2.135.000	2.951.909	5.879	Muy bajo	Muy bajo
AG-RSU_II	5.435.000	4.137.896	5.015	Bajo	Bajo
AG-RSU_III	2.985.000	2.687.699	2.972	Muy alto	Muy alto
AG-RSU_IV	3.085.000	3.050.746	6.329	Medio	Medio
AG-RSU_V	5.585.000	3.912.034	5.015	Alto	Alto
Objetivo	Min	Min	Min	Max	Min

Nota: (CEM) Costo económico municipal; (EGEI) Emisiones gases efecto invernadero; (EPI) Esfuerzo político institucional. *Índice: criterio calificado cualitativamente. Fuente: Elaboración propia

Preferencia de los participantes

En la Tabla 12.3 se muestran las preferencias y perfiles de los participantes. Se puede apreciar que los participantes asignaron pesos a todos los criterios, aunque el nivel de importancia difiere en términos relativos. El criterio considerado como más importante fue *Involucramiento social* con un promedio de 9,4 y los criterios considerados menos importantes fueron los de que integran la dimensión económica (con un promedio de 6,3 y 6,6 para *CEM* e *Inversiones* respectivamente). En tanto, el criterio ambiental y el *EPI* tomaron valores intermedios.

Tabla 12.3. Perfil y preferencias de los participantes por criterios de comparación

	Perfil (Rol y vínculo político)	Inversiones	CEM	EGEI	Involucramiento Social	EPI
Participante 1	Intendente (UpC)	7	5	8	10	5
Participante 2	Dir. ^a Instituto Bernardino Rivadavia (UpC)	6	9	6	8	5
Participante 3	Pdta. Consejo Deliberante (UpC)	7	8	4	10	10
Participante 4	Consultora Ambiental (UCR)	8	7	10	10	9
Participante 5	Dir. ^a Instituto Belisario Roldán	5	0	8	10	7
Participante 6	Concejal (UpC)	7	5	8	10	5
Participante 7	Representante Coop. Servicios	7	8	4	8	10
Participante 8	Secretario de Gobierno (UCR)	5	10	8	9	7
Participante 9	Periodista y locutor local (UCR)	7	5	8	10	5
Promedio de Ponderaciones		6,6	6,3	7,1	9,4	7,0
Desvío estándar		1,01	3,00	2,03	0,88	2,18
Coefficiente de variación (%)		15,5	47,4	8,5	9,3	31,1

Referencias: (CEM) Costo económico municipal; (EGEI) Emisiones gases efecto invernadero; (EPI) Esfuerzo político institucional; (UpC) Unión por Córdoba; (UCR) Unión Cívica Radical.

Nota: la escala de 0 a 10, el cero (0) elimina el criterio; del uno (1) y diez (10) indica la importancia asignada en grado creciente. Fuente: Elaboración propia.

Considerando la importancia asignada a cada criterio, el *ranking* de alternativas posicionó en los primeros puestos a la AG-RSU_III y AG-RSU_IV. En la Tabla 12.4, se puede observar que la AG-RSU_III ha sido seleccionada por ocho (8) participantes, consistentemente con más fortalezas, menos debilidades y mejor flujo neto. Solamente, un participante seleccionó la AG-RSU_IV. También, se muestra un análisis de sensibilidad del resultado y el mismo se muestra sin alteraciones, permaneciendo el orden establecido de las AG-RSU. De este modo, el gobierno cuenta con dos alternativas competitivas desde diferentes dimensiones.

Particularmente, el perfil de los participantes fue heterogéneo desde el punto de vista político como de su vinculación con la comunidad. En este sentido, algunos participantes representaron al gobierno local, tanto Poder Ejecutivo (Intendencia y Secretaría de Gobierno) como Legislativo (Consejo Deliberante) (Ver Tabla 12.3). En tanto, otros participantes exhibieron la opinión de otras instituciones locales de gran relevancia para el desarrollo local y regional como centros educativos, cooperativa de servicios públicos y medios de comunicación.

Tabla 12.4 Alternativas elegida por participante según flujos y diferencias en los umbrales de preferencia e indiferencia absoluta

Umbrales	q _j =20% y p _i =80%						q _j =30% y p _i =70%*					
	Neto		Fortaleza		Debilidad		Neto		Fortaleza		Debilidad	
Flujos	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%
Alternativas	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%
AG-RSU_I	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AG-RSU_II	0	0	0	0	0	55,5	0	0	0	0	0	0
AG-RSU_III	8	88,8	8	88,8	5	0	8	88,8	8	88,8	2	22,2
AG-RSU_IV	1	11,1	1	11,1	4	44,4	1	11,1	1	11,1	7	77,7
AG-RSU_V	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	9	100	9	100	9	100	9	100	9	100	9	100

Nota: q_j umbral de indiferencia, y p_i umbral de preferencia absoluta. * Valores utilizados para la sensibilidad. Fuente: Elaboración propia.

Evaluación de los talleres

Por último, se evaluó el procedimiento planteado en este caso. El instrumento utilizado para la evaluación fue un cuestionario semiestructurado de 9 preguntas, con el cual se les solicitó a los participantes su valoración personal de los talleres y el método PROMETHEE. Las preguntas (P1, ...P5) se estructuraron de acuerdo a una escala de respuesta. En tanto en las preguntas restantes se utilizaron para que los participantes agregaran sugerencias, cambios de criterios y/o alternativas valoradas. En la Tabla 12.5 se observan los resultados y estadísticas por pregunta evaluada.

Tabla 12.5 Evaluación del taller por interrogante

	Escala 1 a 5				Escala 1 a 10
	P1	P2	P3	P4	P5
Promedio	4,5	4,3	4,0	4,4	9,0
Desvío Estándar	0,53	0,71	0,76	0,52	0,76
CV	12%	17%	19%	12%	8%
Moda	5,0	4,0	4,0	4,0	9,0
Respuestas Validas	9	9	9	9	9

Nota: P1 (Claridad de la exposición); P2 (Importancia del problema bajo estudio); P3 (Metodología de trabajo); P4 (Forma de estudio del problema); P5 (Nota del taller = 1: No satisfactorio, 10: Excelente). Fuente: Elaboración propia

En general, los resultados de la evaluación del taller fueron muy satisfactorios. Del total de participantes, el 100% respondieron el cuestionario entregado, donde las preguntas más estructuradas por escala fueron las que mayor nivel de respuesta tuvieron. Los participantes asignaron importancia del problema bajo estudio y la forma en que éste se desarrolló. La metodología de trabajo en general fue muy apropiada y las exposiciones llevadas a cabo en los tres talleres también fueron muy claras. Por último, la nota promedio establecida al taller fue de 9 puntos.

Conclusiones

En este trabajo, se diseñaron cinco alternativas de gestión de residuos sólidos urbanos (AG-RSU) y se valoraron con cinco criterios para el Municipio de Santa Eufemia, Córdoba, Argentina. Las alternativas son: *AG-RSU_1 tendencial*; *AG-RSU_2* valorización local y deposición final controlada; *AG-RSU_3* compostaje en el hogar; valoración y deposición controlada; *AG-RSU_4* separación en el hogar; tratamiento de inorgánico a la planta regional; *AG-RSU_5* separación en el hogar, recolección diferenciada, valoración y deposición controlada. Los criterios son: *Inversiones*; *CEM*; *EGEI*; *Involucramiento Social* y *EPI*. También, se relevaron las preferencias del gobierno Municipal, de los actores invitados por éste, y se utilizó el método multicriterio PROMETHEE para elaborar el *ranking* de propuestas.

Los hallazgos de este trabajo tienen implicancias muy importantes para mejorar la performance ambiental, económica y social de la gestión de los RSU. El estudio del caso muestra que es posible hallar una alternativa con capacidad de reducir las *EGEI* (en más del 50%) y al mismo tiempo la tarifa por el servicio podría ser 32% menor (equivalente al *CEM*) que la *AG-RSU_1*. Se puede apreciar que el Municipio al interactuar e involucrar a la sociedad civil tuvo un fuerte apoyo para diseñar, valorar y seleccionar las alternativas, donde los participantes reconocen las virtudes y las dificultades de las alternativas.

También, se hallaron algunas dificultades para transformar la modalidad actual de gestión de RSU. El estudio muestra que se requiere una importante inversión financiera para ejecutar la

PG-RSU_3 y un período importante de desfase para empezar a percibir los beneficios de la propuesta implementada.

Esta dificultad debe ser considerada no solo por el gobierno local sino también por el gobierno provincial y nacional que han establecido nuevas exigencias en la gestión de RSU y por las ventajas económicas y ambientales halladas en este trabajo. De hecho, si este caso de estudio se constituye en “piloto demostrativo” para un programa provincial de GRSU en las localidades de hasta 6000 hab., el mismo puede tener como meta: un ahorro económico anual entre \$190 MM y \$230 MM (respectivamente 13 y 16 MM USD) en las tarifas de los usuarios, y una meta ambiental de reducción anual de las emisiones de GEI entre 780.000 y 820.000 tn CO₂ eq., para el año 2035. Además de las ventajas cualitativas señaladas en el estudio por cambios en el comportamiento de la sociedad en la GRSU, el diseño del programa ofrece también la posibilidad para direccionar estratégicamente el desarrollo, el poblamiento y la gestión de los recursos económicos tanto locales, provinciales e interesar a otras fuentes de financiamiento (nacionales o internacionales).

Aunque los resultados son promisorios es importante alertar al lector que el estudio tiene dos limitaciones. En primer lugar, la información utilizada para el diseño y cuantificación de las propuestas fue a nivel de perfil (debe considerarse en términos relativos). En este sentido, el diseño técnico probablemente puede desarrollar otras alternativas para procesamiento de los RSU. También, el valor de las inversiones nominales de educación, capacitación y extensión para cambiar el comportamiento social representa una muestra de la falta de datos sobre el tema. De hecho, no se encuentra referencia bibliográfica sobre los costos aproximados para inducir cambios de comportamiento social en la GRSU que permita asignar un valor aproximado, y consecuentemente se asumieron en forma arbitraria con conocimiento de los actores involucrados. Por ello, previo a la implementación del proyecto se requeriría de estudios de factibilidad que muestren los valores reales u otra información primaria. De allí la importancia, de realizar las experiencias piloto demostrativas en una población como Santa Eufemia para comprender mejor los procesos de gestión de residuos sólidos urbanos en pequeñas localidades. En segundo lugar, no se ha considerado la estrategia comercial de los productos derivados del reciclaje o la reutilización, y se asume que no demandarían recursos adicionales. Sin embargo, se desconoce si el volumen de estos productos puede constituirse en un negocio comercial.

Referencias bibliográficas

- Adhikari, B. K., Trémier, A., Martínez, J., y Barrington, S. (2010). Home and community composting for on-site treatment of urban organic waste: perspective for Europe and Canada. *Waste Management & Research* 28, 1039-1053.
- Aleluia, J., y Ferrão, P. (2017). Assessing the costs of municipal solid waste treatment technologies in developing Asian countries. *Waste Management*.
- Arikan, E., Şimşit-Kalender, Z. T., y Vayvay, Ö. (2017). Solid waste disposal methodology selection using multi-criteria decision making methods and an application in Turkey. *Journal of Cleaner Production* 142, 403-412.
- Armijo, C. (2005). El manejo de los residuos sólidos municipales bajo una visión de responsabilidad compartida. Instituto de Ingeniería, UABC. Memorias del V Foro de Consulta Pública sobre “El manejo responsable e inteligente de los residuos domésticos, industriales y urbanos en Ensenada, B.C.”.

- Ayalon, O., Avnimelech, Y., y Shechter, M. (2001). Solid waste treatment as a high-priority and low-cost alternative for green house gas mitigation. *Environmental Management* 27, 697-704.
- Brans, J.-P., y Mareschal, B. (2005). Promethee methods. "Multiple criterio decision analysis: state of the art surveys". (J. Figueira, S. Greco y M. Ehrgott, eds.), Vol. 78, pp. 163-195, Kluwer Academic.
- Chen, T.-C., y Lin, C.-F. (2008). Green house gases emissions from waste management practices using Life Cycle Inventory model. *Journal of Hazardous Materials* 155, 23-31.
- Chidiak, M., y Bercovich, N. (2004). "Microcréditos y servicios ambientales urbanos: Casos de gestión de residuos sólidos en Argentina," CEPAL, Naciones Unidas, Santiago de Chile.
- Chien Bong, C. P., Ho, W. S., Hashim, H., Lim, J. S., Ho, C. S., Peng Tan, W. S., y Lee, C. T. (2017). Review on the renewable energy and solid waste management policies towards biogas development in Malaysia. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 70, 988-998.
- de Prada, J., Degioanni, A., Cantero, A., Tello, D., Gil, H., Cahe, E., Cisneros, J., Becerra, V., y Pereyra, C. (2017a). Procedimiento multicriterio en fases para la construcción de la visión territorial local. Aplicación en la localidad de Santa Eufemia, Córdoba, Argentina. . *REVISTA ARGENTINA DE ECONOMÍA AGRARIA. Volumen XVII - Número 1*.
- de Prada, J. D., Degioanni, A., Cisneros, J. M., Galfioni, M. A., y Cantero G., A. (2017b). Evaluación multicriterio de la expansión urbana, visión 2030. El caso Río Cuarto, Córdoba, Argentina. *Revista Iberoamericana de Economía Ecológica* 17, 153-167.
- Delgadino, F., Rodriguez, J. M., Albrisi, S., Mosquera, M., Rubinstein, H., Moiso, E., Arranz, P., Brarda, J. P., y Speranza, P. (2011). "Proyecto Córdoba 2025. Resumen Ejecutivo." Universidad Nacional de Córdoba y Cámara Argentina de la Construcción Córdoba, Argentina.
- Delgado, C. C. (2013). Del consumismo al consumo sostenible. 14.
- El-Hamouz, A. M. (2008). Logistical management and private sector involvement in reducing the cost of municipal solid waste collection service in the Tubas area of the West Bank. *Waste Management* 28, 260-271.
- ENGIRSU (2009). Estrategia Nacional Para La Gestión Integral De Residuos Sólidos Urbanos. República Argentina. Ministerio de Salud y Ambiente. Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable., 19.
- EPA (2016). Documentation for Greenhouse Gas Emission and Energy Factors Used in the Waste Reduction Model (WARM). . pp. 54.
- Falconí, F., y Burbano, R. (2004). Instrumentos económicos para la gestión ambiental: decisiones monocriteriales versus decisiones multicriteriales. *Revibec: revista de la Red Iberoamericana de Economía Ecológica* 1: 011-20.
- FAO (2001). Perfiles Nutricionales por Países. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación., pp. 30.
- Gaiani, S., Caldeira, S., Adorno, V., Segrè, A., y Vittuari, M. (2017). Foodwasters: Profiling consumers' attitude to waste food in Italy. *Waste Management*.
- Gupta, N., Yadav, K. K., y Kumar, V. (2015). A review on current status of municipal solid waste management in India. *Journal of Environmental Sciences* 37, 206-217.

- Hargreaves, J. C., Adl, M. S., y Warman, P. R. (2008). A review of the use of composted municipal solid waste in agriculture. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 123, 1-14.
- Hernandez Reyes, M. (1996). "Análisis Económico de Experimentos Agrícolas con Presupuestos Parciales: Re-enseñando el uso de este enfoque. pp.9." ICTA, Guatemala.
- Hoorweg, D., y Bhada-Tata, P. (2012). "What a waste: a global review of solid waste management." The World Bank.
- INDEC (2001). Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas del año 2001. Instituto Nacional de Estadística y Censos. (Economía, ed.), Argentina.
- INDEC (2010). Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas 2010. Año del Bicentenario. Instituto Nacional de Estadística y Censos. (Economía, ed.), Argentina.
- IPCVA (2015). "Estudio de Usos y Actitudes sobre el consumo de Carne Vacuna en Argentina. Ing. Agr. M. Sc. Adrian Bifaretti". IPCVA.
- Jouhara, H., Czajczyńska, D., Ghazal, H., Krzyżyńska, R., Anguilano, L., Reynolds, A. J., y Spencer, N. (2017). Municipal waste management systems for domestic use. *Energy* 139, 485-506.
- Korai, M. S., Mahar, R. B., y Uqaili, M. A. (2017). The feasibility of municipal solid waste for energy generation and its existing management practices in Pakistan. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 72, 338-353.
- Lauf, P. (2008). Comparison Of Recycling Rates Of Three Adjacent Communities In St. Clair County, Illinois. *Belleville, IL* 62223.
- Oliveira, L. S. B. L., Oliveira, D. S. B. L., Bezerra, B. S., Silva Pereira, B., y Battistelle, R. A. G. (2017). Environmental analysis of organic waste treatment focusing on composting scenarios. *Journal of Cleaner Production* 155, 229-237.
- Pin, B. V. R., Barros, R. M., Silva Lora, E. E., y Dos Santos, I. F. S. (2018). Waste management studies in a Brazilian microregion: GHG emissions balance and LFG energy Project economic feasibility analysis. *Energy Strategy Reviews* 19, 31-43.
- Roura, H., y Cepeda, H. (1999). Manual de identificación, formulación y evaluación de proyectos de desarrollo rural. ILPES, Santiago de Chile.
- Saidón, M. (2013). Resultados evidenciados en un programa de reciclado de residuos domiciliarios en Quilmes (Argentina). *Revista Gestión y Ambiente. Volumen 16- No. 1. Medellín. Colombia. ISSN 0124.177X. pp 71-84* 16.
- Soltani, A., Hewage, K., Reza, B., y Sadiq, R. (2015). Multiple stakeholders in multi-criteria decision-making in the context of Municipal Solid Waste Management: A review. *Waste Management* 35, 318-328.
- Szantó Narea, M. (1996). "Guía para la identificación de proyectos y formulación de estudios de prefactibilidad para manejo de residuos sólidos urbanos," ILPES.
- Szantó Narea, M. (1998). "Guía para la preparación, evaluación y gestión de proyectos de residuos sólidos domiciliarios", ILPES.
- Sztern, D., y Pravia, M. A. (1999). "Manual for the development of composting conceptual bases and procedures". "Panamerican Health Organization, World Health organization should?", Presidency of the Republic Montevideo, Uruguay.

- Torres-Degró, A. (2011). Tasas de crecimiento poblacional (r): Una mirada desde el modelo matemático lineal, geométrico y exponencial. México. *CIDE digital*. Vol. 2. N° 1.
- Wei, Y., Li, J., Shi, D., Liu, G., Zhao, Y., y Shimaoka, T. (2017). Environmental challenges impeding the composting of biodegradable municipal solid waste: A critical review. *Resources, Conservation and Recycling*122, 51-65.
- Zhou, H., Long, y., Meng, A., Li, Q., y Zhang, Y. (2015). Interactions of three municipal solid waste components during co-pyrolysis. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*.

Anexo Capítulo 12

Tabla 12.6. Inversiones por propuesta de gestión de residuos sólidos urbanos (PG-RSU), Santa Eufemia

Descripción	Costos *	PG-RSU_1	PG-RSU_2	PG-RSU_3	PG-RSU_4	PG-RSU_5
Nivelación y sistematización del BCA. Construcción de enterramiento, impermeabilización con geomembrana y estabilización de residuos actuales.	50.000					
Alambrado y forestación del predio Municipal (Relleno sanitario)	150.000					
Construcción de accesos al predio, portón de ingreso y señalizaciones	45.000					
Camión compactador (4x2)	1.750.000					
Camión compactador (6x2 con balancín)	2.250.000					
Instalación de 15 basureros en espacios públicos de la localidad, junto a 10 contenedores para reciclado de plásticos.	20.000					
Hidrolavadora	50.000					
Reparación /Recambio de barredoras.	50.000 / 250.000					
Compra de 2 nuevas desmalezadoras	20.000					
Instalación de iluminaria en el predio Municipal (Relleno sanitario)	2.000.000					
Instalación red de agua potable en predio Municipal (Relleno sanitario)	1.000.000					
Extensión y educación ambiental	250.000					
	400.000					
	100.000					
Sub total		2.135.000 (150.353)	5.435.000 (382.746)	2.985.000 (210.211)	3.085.000 (217.254)	5.585.000 (393.310)

Nota: *costos aproximados en pesos y en (USD). Valor de la divisa \$14.2=1USD (Mayo 2016). Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO 13

Elección interactiva de alternativa de aprovechamiento de aguas residuales tratadas, Adelia María, Córdoba

De Prada, J.⁵⁵, Degioanni, A.⁵⁶, Cisneros, J.⁵⁷, Gil, H.⁵⁸, Plevich, O.⁵⁹, Chilano, Y.⁶⁰, Pereyra, C.⁶¹, Cantero G.,⁶²

Resumen

Se presenta un método para evaluar alternativas agrarias de uso de efluentes cloacales tratados, interactuando con los decisores, Adelia María, Córdoba, Argentina. A partir de la

55 Docente del Departamento Economía Agraria, Facultad de Agronomía y Veterinaria, Universidad Nacional de Río Cuarto. Contacto: jdeprada@ayv.unrc.edu.ar

56 Docente del Departamento Ecología Agraria, Facultad de Agronomía y Veterinaria, Universidad Nacional de Río Cuarto. Contacto: adegioanni@ayv.unrc.edu.ar

57 Docente del Departamento Ecología Agraria, Facultad de Agronomía y Veterinaria, Universidad Nacional de Río Cuarto. Contacto: jcisneros@ayv.unrc.edu.ar

58 Docente del Departamento Economía Agraria, Facultad de Agronomía y Veterinaria, Universidad Nacional de Río Cuarto. Contacto: jdeprada@ayv.unrc.edu.ar

59 Docente del Departamento Producción Vegetal, Facultad de Agronomía y Veterinaria, Universidad Nacional de Río Cuarto. Contacto: oplevich@ayv.unrc.edu.ar

60 Docente del Departamento Ecología Agraria, Facultad de Agronomía y Veterinaria, Universidad Nacional de Río Cuarto. Contacto: yhilano@ayv.unrc.edu.ar

61 Docente del Departamento Economía Agraria, Facultad de Agronomía y Veterinaria, Universidad Nacional de Río Cuarto. Contacto: cpereyera@ayv.unrc.edu.ar

disponibilidad futura (año 2020) de 251.000m³ año⁻¹ de efluentes tratados, se evalúan cinco alternativas de uso: *Eucalipto*, *Álamo*, *Alfalfa*, *Trigo-maíz* y *Pinos más alfalfa*. Para estimar el consumo vegetal de efluentes se usa el modelo CROPWAT. Para ordenar las *Alternativas* se usó el modelo PROMETHEE con cinco criterios: *adquisición de tierras*; *equivalente anual del valor actual neto*, *EAVAN*, con un costo de oportunidad del 6% y precios constantes diciembre de 2012; *Esfuerzo de gestión*; *Incertidumbre de mercado*; *Impacto ambiental*. La interacción con los decisores para relevar las preferencias (pesos asignado a cada criterio en una escala 0-10) se realizó mediante un taller, con la información técnica sistematizada. Los resultados muestran conflictos entre las alternativas. En la *Adquisición de tierras*, *Eucaliptos* es la mejor alternativa y la peor es la *Alfalfa* (33ha versus 75ha). Por otra parte, *Alfalfa* tiene el mejor comportamiento económico versus *Álamo* que es la peor alternativa (\$11mil versus -\$193mil). En los criterios: *Esfuerzo de gestión e Impacto ambiental*, la mejor es *Eucalipto* y *Álamo* y la peor es *trigo - maíz*. En cuanto a *Incertidumbre de mercado*, la mejor alternativa es *Trigo-maíz* y la peor *Eucalipto*. Los decisores consideran importantes los cinco criterios, asignando mayor preferencias al criterio *Adquisición de tierras* ($\mu=8,75$) y menor preferencia a *impacto ambiental* ($\mu=5,75$). La alternativa seleccionada en primer lugar es *Eucaliptos*. Solo dos (de 8) decisores muestran algún conflicto, donde compite *Eucaliptos* con *Álamo*, o *Alfalfa*.

Introducción

En Argentina, la contaminación del recurso hídrico por aguas residuales urbanas es un problema de larga data. El mismo fue incluido en la legislación a finales del siglo XIX, Ley 2797 sancionada en 1891 (Canevari *et al.*, 1998). Particularmente, en Córdoba, el Código de Agua fue sancionado por Ley 5589 en 1973 (actualizado en 1996, 2000 y 2001). En su artículo 183 considera: “aguas contaminadas las que por cualquier causa son peligrosas para la salud, ineptas para el uso que se les dé, perniciosas para el medio ambiente o la vida que se desarrolla en el agua o álveos o que por su olor, sabor, temperatura o color causen molestias o daños”.

Las cloacas para la recolección de las aguas residuales urbanas con los sistemas de tratamientos, que reducen su carga orgánica, han sido las formas convencionales de purificar el agua. El agua residual tratada puede ser descargada en el ambiente si cumple con ciertos estándares de calidad. Por ejemplo, en la provincia de Córdoba el Decreto 415/99 establece que el agua residual tratada no puede contener más de: 30mg l⁻¹ de DBO₅, 0,5mg l⁻¹ de fósforo total, 0,10 mg l⁻¹ de nitrógeno total para la descarga en curso de agua superficial.

Más recientemente, han aparecido tecnologías que reutilizan el agua tratada para generar productos útiles para la sociedad (e.g. Bixio *et al.*, 2006; Chu *et al.*, 2004). En Argentina, existe un creciente número de proyectos desarrollados y en desarrollo, en especial en las ciudades de Mendoza y San Rafael, y en localidades de La Pampa, que utilizan aguas residuales urbanas tratadas para la producción forestal, agrícola, y hortícola (Fasciolo *et al.*, 2002; Gil *et al.*, 2005). Existe una rama importante de la ciencia que estudian cómo mejorar la reutilización de las aguas tratadas, los potenciales de producción, calidad de productos,

efectos fertilizantes, (Bixio *et al.*, 2006; Crespi *et al.*, 2007; Crespi *et al.*, 2012; Chu *et al.*, 2004) considerando la condiciones sanitarias, productivas y ambientales.

En tanto, otros autores han estudiado las características del servicio ambiental que brinda la reutilización del agua tratada, que además de producir un producto comercial (p.e. madera), reduce el nivel de contaminación del agua descargada al ambiente. De hecho, la reutilización del agua tratada y su utilización en el sistema suelo-biota-cultivo es equivalente a un tratamiento terciario que permite la depuración del agua (Gil *et al.*, 2013; Ko *et al.*, 2004).

Sin embargo, son escasos los autores que han investigado directamente la naturaleza de los emprendimientos de uso de agua cloacales y la toma de decisiones. Las decisiones de usar el agua tratada constituyen inversiones donde compiten varias alternativas (p.e. agricultura, forestación) y los tomadores de decisión buscan satisfacer diferentes fines (p.e. sostenibilidad económica, menor impacto ambiental, reducir la complejidad del negocio) que son prácticamente imposible de evaluar con un solo criterio. Por ejemplo, la Cooperativa Telefónica de Adelia María (CTAM) gestiona el sistema de cloaca y ha sido pionera en la provincia de Córdoba en adoptar un sistema de uso de aguas tratadas para la producción forestal (Gil *et al.*, 2013).

La reutilización del agua por CTAM constituye un ejemplo de responsabilidad pública y ambiental. De hecho, la CTAM va más allá de lo exigido por Ley en la provincia de Córdoba. Sin embargo, la ampliación del sistema de uso de efluente para atender a la población futura demanda de recursos económicos adicionales que ponen en duda la posibilidad de realización. De hecho, Gil *et al.*,(2013) ponen de manifiesto que la reutilización de agua tratada promovida como un negocio forestal es muy limitada y altamente dependiente del valor de la tierra, y que el principal valor es el servicio público de la depuración del agua, escasamente considerado en la comunidad. Por ello, los tomadores de decisiones necesitan conocimiento sistematizado para poder explicitar sus preferencias y adoptar decisiones sobre las posibilidades de reutilización del agua tratada considerando las diferentes implicancias económicas, ambientales y administrativas de este tipo de decisiones.

En este sentido, este trabajo pretende realizar una contribución mediante un estudio de caso, realizado mediante un convenio de cooperación específica entre la Servicio de Conservación de Suelo (FAV-UNRC) y la Cooperativa Telefónica de Adelia María (CTAM). CTAM tiene un sistema de tratamiento de efluentes que aprovecha para la forestación y requiere ampliarlo. Por ello, se diseña, cuantifica y valoran alternativas de uso de efluentes en interacción con los tomadores de decisiones, quienes establecieron las preferencias y las ponderaciones de los diferentes criterios para aprovechar los excedentes del efluente tratado.

El objetivo del presente trabajo es evaluar y seleccionar interactivamente alternativas de aprovechamiento de los efluentes tratados para usos agropecuarios considerando las preferencias explicitadas por el Consejo de Administración de la CTAM, Córdoba, Argentina. Las contribuciones del trabajo son varias: en primer lugar, se muestra un procedimiento general que permite diferenciar el rol profesional y político institucional para la toma de decisiones, mostrando el grado de libertad que en la práctica tienen los decisores. El trabajo muestra también para este nivel de estudio como puede utilizarse información cualitativa, o costosa de cuantificar por ejemplo, incertidumbre del mercado, o complejidad de la gestión. Ambos criterios constituyen elementos valiosos para los tomadores de decisiones. Además, el trabajo aporta información empírica sistematizada de aprovechamiento de efluentes tratados y rentabilidad económica para diferentes alternativas productivas (agrícolas, forestales y Agroforestales). Finalmente, el trabajo pone en contexto algunas dificultades o barreras que se pueden presentar para el uso de efluentes tratados sino

se considera el servicio de depuración de agua, como así también la implicancia económica para el usuario de esta actividad en el caso estudiado.

Materiales y métodos

Área de estudio

Este trabajo se llevó a cabo en el predio de la Planta de Saneamiento de Efluentes Cloacales de la CTAM (33°38'12'' S – 63°59'10'' O) que funciona desde el año 2001. El predio tiene 37 ha, con suelos Haplustoles típicos, y se realiza riego con efluentes tratados a 23,5 ha plantadas con Álamos, Sauces, Eucaliptos, Pinos y Cipreses. El sistema de cloacas colecta efluente crudo alrededor de 190.000 m³ año⁻¹, a través de 1.398 conexiones. Los efluentes son tratado en la Planta por un sistema de lagunas.

Un parámetro relacionado con la calidad del agua de riego es el elevado contenido de sodio en relación al contenido de calcio y magnesio. Esta relación adquiere valores altos (RAS = 13) que califican el agua de riego como de alto riesgo de sodificación del suelo, proceso que se ha constatado en un tercio de la superficie regada (valores de PSI > 15%). Este proceso a largo plazo colapsa la entrada de agua al suelo, complica el manejo del riego y afecta negativamente la capacidad de depuración de la misma. En consecuencia, dicho parámetro requiere ser tratado mediante la aplicación de enmiendas cálcicas aplicadas al suelo o al agua de riego.

El actual sistema de depuración posee una tasa de transferencia de agua a la atmosfera (evaporación y transpiración) equivalente al 30% del agua que ingresa al sistema vía efluentes y lluvia. El excedente, aproximadamente 400 mm año⁻¹ son transferidos a la napa freática razón por la cual esta se aproxima a la superficie del suelo en el orden de 30 cm año⁻¹. De persistir esta tendencia se llegaría al colapso total del sistema en el mediano plazo ya que la napa freática anegaría permanentemente el perfil enraizable del suelo (Datos propios).

Alternativas técnicas de uso de efluente tratado

Se diseñaron y analizaron seis alternativas técnicas con diferente consumo anual de efluentes tratados: Eucaliptos (8.000m³ha⁻¹), Álamos (7.000m³ha⁻¹), Alfalfa (3.500m³ha⁻¹), Trigo maíz (4.000m³ha⁻¹) y Pinos más alfalfa (6.000m³ha⁻¹). El efluente tratado es distribuido mediante riego por inundación de forma similar en todas las alternativas.

Para el cálculo del consumo de agua por parte de las alternativas de uso de efluentes tratados se utilizó el modelo CROPWAT (Smith, 1992) con datos climáticos locales. Para remediar el problema de sodificación de suelo, y mantener el sistema de reutilización de efluentes tratados, se utiliza un horizonte de planificación de largo plazo, año 2020, estimando un excedente de efluentes tratados del predio actual será de 251.000 m³ año⁻¹ contabilizando las nuevas conexiones y la utilización optimizada del predio actual. Para la reutilización de estos efluentes la cooperativa deberá adquirir otro predio.

Criterios de selección

Los criterios utilizados para comparar las alternativas son cinco: La *Adquisición de tierras*, el *Impacto ambiental*, el *Beneficio neto económico*, *Incertidumbre de mercado*, y los *Esfuerzos de gestión*.

La *Adquisición de tierras*, mide la cantidad de tierra necesaria de incorporar al sistema de depuración para reutilizar todo el efluente tratado en el 2020, de acuerdo al consumo de cada cultivo más un adicional de 5% para infraestructura del predio. El objetivo en este atributo es minimizar, menos tierras utilizadas para depuración mejor.

El *Impacto ambiental*, refleja cualitativamente la emisión de gases efectos invernadero y la dependencia energética de las alternativas mediante un índice, valorado en una escala de 1 a 5, asignado a la alternativa de menor a mayor impacto ambiental respectivamente. El objetivo del atributo es minimizar el impacto ambiental, menos impacto mejor.

El análisis beneficio neto económico se realiza mediante la estimación del *Equivalente Anual del Valor Actual Neto* (EAVAN), de acuerdo a la siguiente expresión:

$$EAVAN = VAN \frac{(1+r)^T r}{(1+r)^T - 1}$$

donde, VAN es el valor actual neto del flujo económico del proyecto, en pesos, T es el periodo de análisis, medido en años, y r es el costo de oportunidad del capital, medido en tanto por uno.

El VAN se estima siguiendo el enfoque privado (Penna *et al.*, 2011), considerando los ingresos económicos derivados de los productos comercializados por la alternativa técnica sin valorar la depuración de agua como servicio ecosistémico. Dentro de los gastos de inversión consideramos la adquisición de la tierra, la adquisición e instalación del equipo de riego y las plantaciones. Las plantaciones y gastos de raleo de Eucaliptos, Álamos, y Pinos se utilizó los datos del MAGYP (2010) llevados a diciembre del 2012 con IPIM (Serie de Precios AACREA) y los rendimientos fueron tomados para Eucaliptos de Prado y Barros, (1989) y Álamos Plá y Caro, (2006). El sistema de riego se diseñó para el riego de 37 ha, con gastos de inversión y operación se transformó en unitario y fue utilizado para todas las alternativas. El valor de inversión por hectárea se utiliza posteriormente para las diferentes alternativas técnicas. En tanto, en los gastos de operación se consideran: gastos de riego, gastos de aplicación de sulfato de calcio al agua (40ton año-1) para mitigar el alto contenido de sodio, gastos de producción, mantenimiento y reparaciones. Los gastos de cosecha se consideran en el caso de la Alfalfa y Trigo-Maíz de segunda, mientras que en los cultivos forestales se consideran que se venden en pie, puestos en el predio. El periodo de análisis para la estimación del VAN fue de 17, 25, 12, 10, 10, y 25 años para Eucaliptos, Pinos, Álamos, Alfalfa, Trigo-maíz y Pinos más alfalfa respectivamente. El costo de oportunidad (tasa de descuento real) utilizada es del 6%. El objetivo del atributo es maximizar, más EAVAN mejor (De Prada *et al.*, 2014).

El criterio *Incertidumbre de mercado* reconoce que hoy no existe mercado desarrollado en la región del proyecto para algunas alternativas forestales, por ejemplo, eucaliptos. Es difícil inferir si en el período de cosecha esta realidad se habrá modificado. Por ello, el índice de incertidumbre captura esta dificultad del comercial utilizando una escala de 1 (Muy bajo) a 5 (muy alta) para indicar el grado de incertidumbre de menor a mayor. El objetivo del atributo es minimizar la incertidumbre de mercado, menos incertidumbre mejor.

Por último, el criterio *Esfuerzo de gestión* es un indicador relativo para representar la naturaleza y complejidad de la administración que hay que realizar para alcanzar las metas productivas propuestas. La escala del índice es de uno para representar el menor esfuerzo y cinco el mayor esfuerzo, y el objetivo es minimizar, menos mejor.

Procedimiento PROMETHEE e interacción con los decisores

Siguiendo a Brans y Mareschal (2005) y Behzadian *et al.*, (2010), se aplicó el procedimiento PROMETHEE como algoritmo para establecer el *ranking* de las alternativas. En una reunión, del Consejo de Administración de la cooperativa se relevaron las preferencias individuales y se consensuó la alternativa elegida.

Resultados y discusión

Los resultados muestran contrastes importantes entre las alternativas de acuerdo al criterio utilizado ver detalles en la Tabla 13.1. Matriz de decisión. En la dimensión ambiental, la forestación resulta en las mejores alternativas. Las alternativas que menos tierras usan para depurar el agua y menos impactan son la implantación de Eucaliptos, y Álamos. La cantidad de tierra utilizada varía entre 33ha Eucaliptos y 75ha alfalfa, mostrando una diferencia importante en la cantidad de recursos necesarios para aprovechar todo el efluente tratado. La producción forestal requiere menos tierra que las producciones agrícolas. El *impacto ambiental* también muestra la forestación como la alternativa de menor impacto dado que emite menos gases efecto invernadero y además captura carbono en la biomasa. En contraste, las alternativas con mayor emisión de gases y dependencia de energía son las alternativas *Maíz-trigo* y *Alfalfa*. La alternativa: *Pinos más alfalfa* tiene un comportamiento intermedio en ambas dimensiones.

Tabla 13.1. Matriz de decisión adquisición de campos para diferentes alternativas de cultivo

Alternativas	Adquisición de tierra Ha	Impacto ambiental	EAVAN _{6%} \$ año ⁻¹	Esfuerzo de gestión	Incertidumbre mercado
Eucaliptos	33	Muy bajo	-76.073	Muy bajo	Muy alto
Álamos	38	Muy bajo	-193.130	Muy bajo	Regular
Alfalfa	75	Muy alto	11.413	Regular	Muy bajo
Trigo maíz	66	Muy alto	-29.333	Muy alto	Muy bajo
Pinos más alfalfa	44	Regular	-125.677	Alto	Regular
Rango	42	4	204.543	4	4
Objetivo	Min	Min	Max	Min	Min
Preferencia	Lineal	Común	Lineal	Común	Común
Qj	4	0	20.454	0	0
Pj	38	1	184.089	1	1
p-q	34	1	163.634	1	1

Nota: Qj y Pj representan los umbrales de indiferencia y preferencia absoluta respectivamente para el criterio j ésimo. Fuente: Elaboración propia

Para considerar la dimensión económica y comercial se consideran dos indicadores: EAVAN y *Incertidumbre de mercado*. Prácticamente no existen alternativas que puedan sostenerse económicamente sin aportes externos (ver columna de EAVAN Tabla 13.1). De hecho,

solamente la implantación de *alfalfa* es viable económicamente, EAVAN_{6%} de \$11mil, seguida por la alternativa *Trigo-maíz*. En contraste, las alternativas forestales son las que mayores dificultades económicas tienen para sortear este criterio. Por ejemplo, la forestación con *Álamos* tiene un EAVAN negativo \$193mil.

Sin embargo, es importante notar que el encalado modifica significativamente el costo económico. En el caso, que el agua tratada tuviese una relación de RAS normal el EAVAN_{6%} se muestra viable para las alternativas alfalfa, trigo maíz y eucalitos prácticamente es indiferente para mayores detalles ver (De Prada *et al.*, 2014).

El *Esfuerzo de gestión* es menor en las alternativas forestales (ver detalle Tabla 13.1). La alternativa de *Eucaliptos*, y *Álamos* requieren de un *Esfuerzo de gestión* mínimo aunque considerable en el primer año de plantación. En tanto, las alternativas Trigo – Maíz y Pinos más alfalfa requieren un esfuerzo importante de gestión para desarrollar los itinerarios técnicos (labranzas presiembra, siembra, labores culturales y cosecha) bastante ajustados todos los años, gestión comercial, gestión de contratos de labores, siembra y cosecha. La alternativa Pinos más alfalfa al combinar dos cultivos –arbóreo y herbáceo- también hace complejo el sistema tratamiento de malezas, plagas, operaciones con maquinarias, protección de los cultivos. En tanto, la realización de alfalfa aparece a un nivel intermedio.

La adquisición del campo y establecimiento de un sistema de cultivo con riego para depurar los efluentes tratados muestra conflictos para decidir por la mejor alternativa cuando se consideran diferentes criterios de decisión. Por ello, se propone a los tomadores de decisiones establecer sus preferencias ponderando cada criterio y así poder seleccionar la mejor alternativa.

Ponderación de los criterios y evaluación de las alternativas

Considerando la matriz de decisiones y la metodología citada se relevó en una reunión de trabajo el peso asignado por los miembros del Consejo de Administración de la CTAM a cada criterio. Para ello se utilizó una escala de 0 a 10. El decisor asigna cero si considera que el criterio no debe ser considerado, 1 si es de baja importancia y 10 si es muy importante. Posteriormente, los pesos asignados se normalizan.

Es importante marcar elementos interesantes de la interacción con los tomadores de decisión. Los miembros del Consejo manifestaron cierto asombro por la naturaleza de la decisión y los conflictos que emergen. Aparentemente, los consejeros esperaban tener una sola alternativa y no tener que dilucidar en términos prácticos que criterio ponderan más. En este sentido, permitirles tener más conciencia de su rol y la posibilidad de tener más completa la información fue bien valorado. Uno de los miembros manifestó, que la experiencia previa (13 años atrás cuando la CTAM inicio el aprovechamiento de efluente) fue muy diferente, en sus palabras: “la forestación fue presentada como un gran negocio para aprovechar el efluente en todo sentido... Después nos dimos cuenta que hay que gastar y esperar demasiado tiempo para obtener el resultado. Ahora no podemos vender los rollizos de Eucaliptos, nos cobran para sacarlos o tenemos que invertir más para obtener algo. En aquel momento el Municipio y casi todos pensamos que tomamos un buen negocio para la Cooperativa. Y ahora modificar esa percepción no es fácil... pero hay que seguir porque estamos en el baile”.

En el taller, prácticamente, todos los miembros reconocieron como importante los criterios utilizados. Un Consejero realizó el ejercicio en voz alta para ver si la comprensión era adecuada. Hacemos notar que los criterios habían sido elaborados considerando las

conversaciones y encuentros previos y específicamente cuando discutían el aprovechamiento de la forestación tal como se encuentra actualmente.

El primer miembro del Consejo en explicitar los pesos asignados a cada criterio y darle igual ponderación a todos los criterios posiblemente fue para iniciar el ejercicio, romper el hielo. De todos modos, después que vio el resultado quedo conforme con la asignación de peso que había realizado. En general, todos los miembros han dado alto peso al tema de *adquisición de tierras* independiente del valor económico (capturado en el EAVAN) debido a que manifiestan pocas posibilidades para la Cooperativa de adquirir tierras en proximidades de la Planta. La incertidumbre del mercado fue otro criterio que algunos miembros consideran muy importante porque estas alternativas técnicas de aprovechar el agua tratada han sido promovidas como de alta rentabilidad y poca gente manifiesta la incertidumbre de colocar ciertos productos, como por ejemplo los rollizos de Eucaliptos.

Tabla 13.2. Ponderación de los diferentes criterios asignado por consejeros de la cooperativa

Comisión y Gerencia	Pesos asignados a los criterios de decisión: Escala 0 a 10				
	Adquisición tierra	EAVAN _{6%}	Esfuerzo de gestión	Incertidumbre mercado	Impacto ambiental
Miembro 1	5	5	5	5	5
Miembro 2	10	3	8	5	9
Miembro 3	7	10	8	10	2
Miembro 4	9	10	3	5	1
Miembro 5	10	3	4	6	8
Miembro 6	10	8	5	5	9
Miembro 7	9	5	8	10	10
Miembro 8	10	8	5	3	8
Promedio	8,75	6,5	5,75	6,125	6,5
Desvío estándar	1,83	2,88	1,98	2,53	3,42
CV	21%	44%	34%	41%	53%

Nota: Escala 0 y 10, 0 el criterio no debe ser considerado e incrementa gradualmente hasta 10 muy importante; CV: Coeficiente de variación. Fuente: Elaboración propia.

Los consejeros de CTAM consideraron que los cinco criterios son importantes. En la Tabla 13.2, se muestra los pesos asignados por cada miembro del Consejo de Administración y la gerencia a cada criterio. Los cinco criterios en promedio, tienen valores medios a altos de importancia. El criterio más ponderado es la *adquisición de tierra*, cuyo promedio fue 8,75 y el coeficiente de variación del 21%, en tanto el criterio *Esfuerzo de gestión* ha sido el menos ponderado 5,75 con coeficiente de variación del 34%. El criterio con mayor variabilidad fue

el *impacto ambiental* con un coeficiente de variación del 53%, dos miembros (3 y 4) le han otorgado muy poca importancia.

Con la preferencia explicitada de cada *Consejero* se mostraba el resultado y se discutía brevemente si representaba su preferencia. Los resultados muestran una preferencia marcada por la alternativa: *Eucaliptos*. En la Tabla 13.3, se muestran las alternativas seleccionadas de acuerdo a los valores obtenidos en términos de fortalezas, debilidades y el valor neto considerando el peso asignado por cada *Consejero* y el promedio de pesos asignados por el conjunto de miembros.

Por un lado, se puede apreciar que si utilizamos el promedio de pesos asignados por los diferentes *Consejeros Eucaliptos* aparece como la propuesta con mayor fortaleza, menor debilidad y mejor valor neto. Por otro lado, si observamos los resultados individuales también esta alternativa aparece como la más satisfactoria. De hecho, la alternativa aparece seleccionada en 5 *Consejeros* como la mejor tanto en fortalezas como debilidades mientras que solamente el miembro 3 ha tenido como resultado mejor valorado la implantación del cultivo de Alfalfa. En tanto, hay dos miembros que muestran necesidad de mayor información para establecer claramente el orden de preferencias (miembros 4 y 7). En estos casos, Eucaliptos aparece como la alternativa con menor debilidades y mejor resultado neto en ambos (miembros 4 y 7). En tanto, Alfalfa o Álamo aparecen con más fortalezas para estos miembros. Por lo expuesto, la alternativa seleccionada para sugerir la adquisición de un nuevo predio que permita realizar el tratamiento de depuración de los efluentes tratados es *Eucaliptos*.

Tabla 13.3 Mejor alternativa de acuerdo a la ponderación asignada por los decisores

Miembros	Neto	Fortaleza	Debilidad
1	Eucaliptos	Eucaliptos y álamos	Eucaliptos
2	Eucaliptos	Eucaliptos y álamos	Eucaliptos
3	Alfalfa	Alfalfa	Alfalfa
4	Eucaliptos	Alfalfa	Eucaliptos
5	Eucaliptos y álamos	Eucaliptos y álamos	Eucaliptos y álamos
6	Eucaliptos	Eucaliptos	Eucaliptos
7	Eucaliptos	Álamos	Eucaliptos y álamos
8	Eucaliptos	Eucaliptos	Eucaliptos
Promedio de pesos	Eucaliptos	Eucaliptos	Eucaliptos

Fuente: Elaboración propia

A los fines ilustrativos se muestra el resultado obtenido con los pesos promedios de los *Consejeros* de la cooperativa en la Figura 13.1. Se puede apreciar que las alternativas ordenadas por mayores fortalezas son: Eucaliptos, Álamos, Alfalfa, Pinos más alfalfa y Trigo-maíz. En tanto, el orden para menores debilidades también los dos primeros puestos son para

Eucaliptos y Álamo seguido de Pinos más alfalfa, Alfalfa y Trigo maíz. Por lo tanto, con los pesos promedios de los *Decisores* el resultado neto es comparable y permite ordenar las alternativas de mejor a peor de la siguiente manera: Eucaliptos, Álamos, Alfalfa, Pinos más alfalfa y Trigo-maíz.

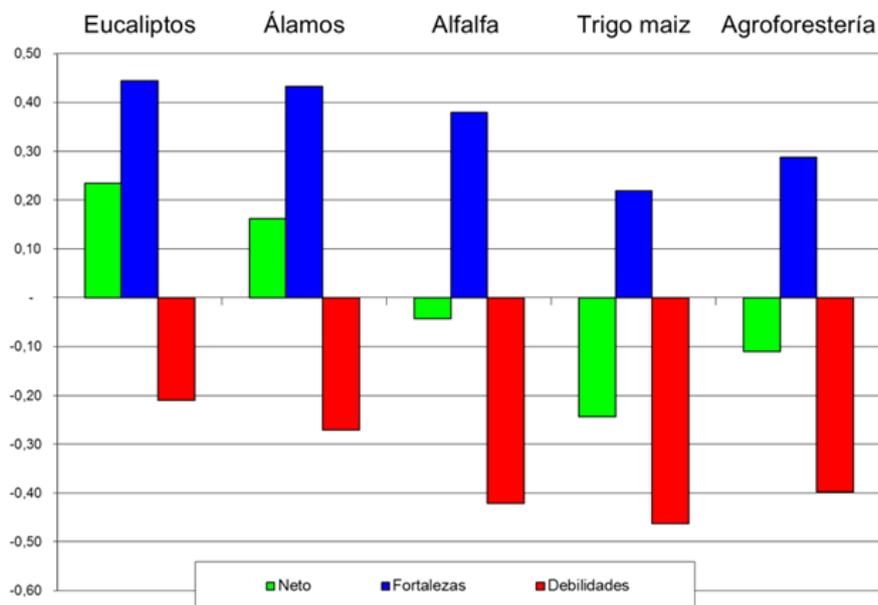


Figura 13.1. Fortalezas, debilidades y resultado neto usando el promedio de pesos asignados.

Fuente: Elaboración propia

Análisis de sensibilidad e implicancia económica de la elección

Posterior de realizado el ejercicio también se analizó la sensibilidad del resultado para las preferencias lineales considerando un cambio en el umbral de indiferencia q_j (de 10% a 40%), y el valor de preferencia absoluta, p_j (de 90% a 60%). El resultado se muestra estable y el orden establecido se mantiene (De Prada *et al.*, 2014).

La decisión de forestar con Eucaliptos para depurar todo el volumen de efluentes tratado hacia 2020, en términos económicos requiere considerar el beneficio que la comunidad percibe. De hecho, la alternativa elegida requiere un cargo adicional en la tarifa de las 1851 conexiones servidas para el año 2020 debido a que el EAVAN es negativo \$76 mil, lo que alcanza a \$41 por conexión y representa el 9% de la tarifa anual del servicio de cloacas vigente. En tanto, si el costo de oportunidad del capital es del 15% la tarifa alcanza un valor de \$95 por año (equivalente al 20% del actual servicio de cloacas). Esto pone en evidencia cuál debería ser el beneficio mínimo que cada hogar debe percibir por este servicio de depuración de agua, independiente del servicio de recolección y tratamiento del efluente.

Conclusión

En este capítulo, hemos presentado un procedimiento para relevar preferencias de los *decisores* que permite ordenar las alternativas agrarias de uso de efluentes tratados con un modelo de análisis multicriterio (PROMETHEE) mediante el desarrollo de un estudio concreto con la CTAM. El modelo integra cinco alternativas de uso de efluentes tratados (Eucaliptos,

Álamos, Trigo-maíz, alfalfa y agroforestería de pinos más alfalfa) y cinco criterios de decisión (Adquisición de tierras, EAVAN, Incertidumbre de mercado, Dificultad de gestión e Impacto ambiental).

El modelo desarrollado muestra conflictos que emergen cuando se consideran diferentes criterios derivados de la dimensión ecológica, económica y administrativas para las alternativas analizadas. La información sistematizada en la matriz de decisión, permite observar que las alternativas forestales tienen en general buena performance en los criterios ambientales y menor complejidad administrativa, en contraste son superadas por las alternativas agrícolas (Trigo maíz y alfalfa para henos) en la dimensión económica. De hecho, la implantación de alfalfa para henos es la única alternativa que se muestra viable económicamente para este nivel de estudio. En tanto, la *Pinos más alfalfa* logra un comportamiento intermedio en la dimensión ambiental y económica.

También mostramos algunos atajos para ilustrar apropiadamente a los *decisores* sobre la naturaleza del problema de inversión, utilizando criterios cualitativos en caso que por su naturaleza corresponda, como así también, en el caso donde elaborar la información cuantitativa sería muy costoso. El criterio *Incertidumbre de mercado* que complementa el análisis económico fue mostrado cualitativamente. Este criterio es utilizado para comparar alternativas con posibilidades diferentes de colocación de productos en el mercado local. De hecho, las alternativas agrícolas son productos con mercados desarrollados y, por lo tanto, el precio utilizado para valorar estos productos tiene mayor grado de certeza que aquellos precios utilizados en los productores forestales. Por ejemplo, los rollizos de Eucaliptos prácticamente no se comercializan localmente y la pequeña escala de este emprendimiento pone en duda las posibilidades de colocación comercial de los rollizos en el periodo de cosecha. Por ello, este indicador ilustra a los *decisores* el nivel de incertidumbre de esta alternativa en relación a las otras, facilitando ponderar su importancia.

Posiblemente, la contribución más importante del capítulo es la interacción y participación de los *decisores* en el establecimiento de las preferencias. Presentar la información a los miembros de la cooperativa, trabajar en forma directa considerando la importancia de cada criterio y la ponderación de los mismos muestra un camino prometedor en términos de comunicación de información sistematizada y jerarquiza el rol del tomador de decisiones. La obtención de resultado de ordenamiento de acuerdo a las preferencias explícitas muestra como de un problema de varias dimensiones diferentes se resuelve, poniendo de manifiesto el potencial del modelo de análisis multicriterio. La profundización de estudios para llegar a los detalles se reduce significativamente una vez identificadas las preferencias de los decisores y establecida la imagen objetiva de futuro.

Si bien los resultados son robustos queremos alertar al lector sobre algunas limitaciones del estudio. En primer lugar, hemos utilizado modelación y los mejores datos accesibles utilizándolo como parámetros de: consumo de efluente tratado, la producción de las especies forestales y agrícolas, y la estimación de la cantidad de sulfato de calcio para la enmienda. En este sentido será muy importante ajustar estos valores con estudios empíricos que midan estos valores regionalmente. En segundo lugar, hemos utilizados una variable cualitativa para dimensionar el impacto ambiental de las alternativas considerando solo la emisión de gases efectos invernadero y dependencia energética. Existen otras variables para explorar el impacto que no fueron considerados, por ejemplo, riesgo sanitario de cada alternativa y además estos indicadores pueden cuantificarse y posiblemente brinda información con mayor certeza. En tercer lugar, la evaluación económica explora los indicadores considerando solamente el beneficio comercial y no el valor de la externalidad positiva de la depuración de agua. Por la

naturaleza del emprendimiento debería considerar el enfoque económico desde la perspectiva social. Estas limitaciones deben considerarse en la agenda futura de investigación.

Referencias bibliográficas

- Bixio, D.; Thoeye, C.; de Koning, J.; Joksimovic, D.; Savic, D.; Wintgens, T., y Melin, T. 2006. "Wastewater reuse in Europe". *Desalination* 187:89-101.
- Brans, J. P., y Mareschal, B. 2005. "promethee methods", p. 163-195, en José Figueira, Salvatore Greco, y Matthias Ehrogott, *et al.*, eds. *Multiple criteria decision analysis: state of the art surveys*, Vol. 78. Kluwer Academic Publishers.
- Canevari, P.; Davidson, I.; Blanco, D.; Castro, G., y Bucher, E. (eds.) 1998. "Wetlands of South America: An Agenda for biodiversity Conservation and Policies Development". *Wetland international*.
- Crespi, R.; O., P.; Thuar, A.; Grosso, L.; Rodríguez, C.; Ramos, D.; Barotto, O.; Sartori, M.; Covinich, M., y Boehler, J. 2007. "Manejo de aguas residuales urbanas". Universidad Nacional de Río Cuarto, Río Cuarto, Argentina.
- Crespi, R.; Pugliese, M.; Grosso, L.; Ramos, D.; Salusso, F.; Soler, E.; Solterman, A.; Sanchez, A.; Rainero, F.; Silva, D., y Testa, A. 2012. "Generación de biogás y disposición final de biosólidos". Universidad Nacional de Río Cuarto, Río Cuarto, Argentina.
- Chu, J.; Chen, J.; Wang, C., y Fu, P. 2004. "Wastewater reuse potential analysis: implications for China's water resources management". *Water Research* 38:2746-2756.
- De Prada, J.D.; Degioanni, A.; Cisneros, J.M.; Gil, H.A.; Plevich, J.O.; Chilano, Y.; Pereyra, C.I., y Cantero G., A. 2014. "Análisis multicriterio y selección interactiva del uso agrario de aguas residuales tratadas, Adelia María, Córdoba, Argentina". *European Scientific Journal* 10:419-441.
- Fasciolo, G.; Meca, M., y Morábito J., G.E. 2002. "Effects on crops of irrigation with treated municipal wastewaters.". *Water Science Technology* 45:133-138.
- Gil, H.; De Prada, J.; Plevich, O.; Cisneros, J.; Bologna, C.; Cantero, A.; Reynero, M.; Crespi, R.; Barotto, O.; Cholaky, C.; Reartes, N., y Bricchi, E. 2005. "Análisis económico de tecnologías verdes en el tratamiento de residuos cloacales urbanos". XX Congreso Nacional de Agua y III Simposio de Recursos Hídricos del Cono Sur, Ciudad de Mendoza, Argentina. 10 al 13 de Mayo.
- Gil, H.A.; Cisneros, J.M.; De Prada, J.D.; Plevich, J.O., y Sanchez Delgado, A.R. 2013. "Tecnologías verdes para el aprovechamiento de aguas residuales urbanas: análisis económico". *Revista Ambiente & Agua - An Interdisciplinary Journal of Applied Science* 8:118-128.
- Ko, J.-Y.; Day, J.W.; Lane, R.R., y Day, J.N. 2004. "A comparative evaluation of money-based and energy-based cost-benefit analyses of tertiary municipal wastewater treatment using forested wetlands vs. sand filtration in Louisiana". *Ecological Economics* 49:331-347.
- MAGYP. 2010. Costos de implantación. Pinus, Eucaliptos y Alamo región Cordoba y la Pampa. Estimación de costos en el marco del Régimen de Promoción Forestal, Ley 26.060, pp. 12. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca.
- Penna, J.A.; de Prada, J.D., y Cristeche, E. 2011. "Valoración económica de los servicios ambientales: Teoría, métodos y aplicaciones", p. 85-119, In LATERRA, P., *et al.*, eds. *Valoración de*

servicios ecosistémicos. Conceptos, herramientas y aplicaciones para el ordenamiento territorial. INTA, Buenos Aires, Argentina.

Plá, M., y Caro, L. 2006. "Caracterización de la productividad en una plantación de *Populus x canadensis*' Conti 12' bajo riego por gravedad" Asociación Forestal Argentina. Actas de la Jornadas de Salicaceas, San Fernando, Buenos Aires, Argentina.

Prado, J.A., y Barros, S. 1989. "Eucalyptus: Principio de silvicultura y manejo" 198 pag. Instituto Forestal, Santiago, Chile.

Smith, M. 1992. "CROPWAT: A Computer Program for Irrigation Planning and Management" 126 pag. FAO.

ANEXO

ANEXO I

Resúmenes ejecutivos de los casos de estudio

En este anexo se presentan los resúmenes ejecutivos de los casos de estudio que compila este libro a los fines de facilitar la selección de los casos de interés para replicar como parte del proceso de aprendizaje del método PROMETHEE.

Los resúmenes ejecutivos contienen una breve descripción del problema que se presenta en el caso, las alternativas desarrolladas para abordarlo y los criterios definidos para la evaluación de las mismas. Finalmente se presenta una síntesis de la matriz de decisión resultante de los anteriores con las alternativas valoradas de acuerdo a los criterios definidos, con sus respectivos objetivos y las funciones de preferencia consideradas para su resolución en los capítulos. Ésta constituye la información básica requerida para poder replicar los casos en la planilla de cálculo desarrollada a dichos fines por los compiladores de este libro, o a partir del software *Visual Promethee*. Una vez seleccionado el caso de estudio a replicar, es esperable que se recurra al capítulo completo para poder conocer con mayor detalle aspectos metodológicos considerados por los respectivos autores.

Caso 1. Evaluación de alternativas agro-productivas en la Colonia Fiscal Sarmiento de la provincia de San Juan, Visión 2040

Andrieu, J.; Lemole, G. y Goti, A.

El caso Colonia Fiscal Sarmiento aborda el conflicto por el recurso más escaso en la región árido, el agua, entre diferentes usos alternativos y el deficiente aprovechamiento de este recurso, ya sea por precarias construcciones-reparaciones-mantenimiento de las obras de captación y distribución del agua, o por la baja eficiencia en el uso del agua en la finca. La solución del conflicto requiere del establecimiento de una visión compartida de largo plazo, cuyo plan de acciones se inicie en forma inmediata.

Para iniciar la construcción de la visión de largo plazo se desarrollan cuatro alternativas de ordenamiento de territorio para la Colonia Fiscal Sarmiento:

A_I: Tendencial. Mantener la misma política, en que la inseguridad con relación a la disponibilidad de agua de riego y la demanda de tierras urbanas motiva el proceso de urbanización dispersa (loteos aislados) e instalación de zonas residenciales en la Colonia Fiscal de Sarmiento, reduciéndose la cantidad de productores.

A_II: Estabilización de la producción vitícola. Acuerdo público-privado para mantener como prioridad la producción vitícola (sin usos residenciales o usos residenciales con localización pautada); y la construcción de un reservorio regulador que permita el uso conjunto de agua superficial y subterránea.

A_III: Intensificación de la producción vitivinícola. Acuerdo público-privado para mantener como prioridad la producción vitícola (sin uso residencial o uso residencial con localización pautada); la construcción de un reservorio regulador que permita el uso conjunto de agua superficial y subterránea; y la promoción de las inversiones en la finca para mejorar la eficiencia de riego y la producción de vid.

A_IV: Desarrollo de la agricultura diversificada. Acuerdo público-privado para darle prioridad a la producción agraria diversificada (sin uso residencial o uso residencial con localización pautada); desarrollo de la infraestructura para presurizar el agua de riego para distribución dentro del distrito y en las fincas; se flexibiliza y promueve una fuerte inversión para la agricultura diversificada.

Los criterios para seleccionar las alternativas son: 1) gastos operativos privados, 2) beneficio por ha productiva, 3) Esfuerzo público-privado para la gestión del agua, 4) eficiencia de uso del agua intra-finca, 5) Trabajo rural agrícola anual (TRA Anual), 6) resistencia al cambio, y 7) diversidad de cultivos.

Tabla A1. Matriz de decisión: Ordenamiento de territorio Colonia Fiscal Sarmiento, San Juan

Alternativas	Gastos Operativos Privados	Beneficio por ha productiva	Esfuerzo para gestión agua	Eficiencia a uso agua intra finca	TRA Anual	Resistencia al cambio	Diversidad de Cultivos
	Índice	Índice	Índice	%	Jornales /Año	Índice	Índice
A_I: Tendencial	1	1	1	40	9040	1	2
A_II: Estabilización vitícola	2	3	2	60	10760	2	1
A_III: Intensificación vitícola	5	4	1	75	14500	2	1
A_IV: Agricultura diversificada	4	10	5	75	20300	4	4
Objetivo	MIN	MAX	MIN	MAX	MAX	MIN	MAX
F. Preferencia	Usual	Usual	Usual	Lineal	Lineal	Usual	Usual

Fuente: Elaboración propia

Caso 2. Alternativas de uso de la tierra, visión 2030: el caso del partido de Balcarce, provincia de Buenos Aires.

Auer, A.; Natinzon, P.; Murillo, N. y Manchado, J. C.

El caso Balcarce considera el conflicto urbano rural por el uso y riesgo de contaminación de agroquímicos en la región pampeana. El objetivo es analizar y discutir cuatro alternativas de uso del suelo con un horizonte de planificación de 15 años (visiones) en el partido de Balcarce, Buenos Aires, Argentina.

La **A_I: Tendencial**. El uso del suelo se distribuye: 66% de uso agrícola (cultivos estivales (62%), cultivos invernales (34%) y papa (4%)) y 24% de uso ganadero, y la agroecología 0,5%. La expansión urbana es dispersa sobre tierras rurales, la población rural cae al 8% de la población total del partido. Mejoras en infraestructura pública en carreteras principales.

La **A_II: Agricultura industrial regulada**. Imagen de futuro similar a la de A_I, incorporando control de agroquímicos en zonas de amortiguación para proteger ecosistemas, arroyos, ríos, y poblaciones urbanas, e incrementa la agroecología en el 1,5% de las tierras.

La **A_III: Agricultura diversificada**. El uso del suelo se distribuye de manera más equilibrada entre agricultura (46%) y ganadería (43%), con incremento de la superficie de agroecología (5%), se incorporan tierras a otros usos (recreación y turismo) de manera planificada. Inversiones en carreteras principales y secundarias, contribuyen al incremento de la población rural (15%) en el partido.

La **A_IV: Hacia la agroecología**. Crecimiento de la producción agroecológica (15%), el uso ganadero disminuye respecto de la A_III (32%). Población rural crece (20% del total de habitantes del partido), asociada a incrementos de inversión en infraestructura de carreteras secundarias.

Los criterios son: 1. Actividad agrícola sobre uso de suelo ganadero, 2. Coeficiente de impacto ambiental de pesticidas (EIQ), medido por ha, 3. Preservación del patrimonio cultural, 4. Valor bruto de la producción agropecuaria, 5. Frentes de conflictos sociales y 6. Esfuerzo político institucional.

Tabla A2. Matriz de decisión: Ordenamiento territorial rural, partido de Balcarce, Buenos Aires.

Alternativas	Criterios						
	Gastos operativos privados	Beneficio por ha productiva	Esfuerzo público-privado para gestión del agua	Eficiencia uso agua intra finca	Diversidad de cultivos	TRA Anual	Resistencia al cambio
	Índice	Índice	Índice	%	Índice	Jornales/año	Índice
A_I: Tendencial	1	1	1	40	2	9040	1
A_II: Estabilización vitícola	2	3	2	60	1	10760	2
A_III: Intensificación vitícola	5	4	1	75	1	14500	2
A_IV: Agricultura diversificada	4	10	5	75	4	20300	4
Objetivo	Min	max	min	max	max	max	min
F. Preferencia	Usual	Usual	Usual	V lineal	Usual	V lineal	Usual

Caso 3. Elección de alternativas de ordenamiento de cuenca. La visión de los decisores en la cuenca del arroyo Ají, provincia de Córdoba

Cisneros, J.; de Prada, J.; Gil, H.; Cabe, E.

El Caso Cuenca del Arroyo Ají aborda el problema del control de la erosión hídrica, que constituye un desafío importante para el sur de Córdoba. La erosión hídrica tiene efectos directos en la productividad del suelo en el establecimiento agropecuario y externalidades como la ruptura de caminos, rutas, e inundaciones en el campo y en la ciudad. Se evalúan diferentes alternativas de ordenamiento de una cuenca, con la participación directa de los decisores y se analiza cómo éstos valoran el método multicriterio usado

A_I: Tendencial. Mantiene las mismas políticas que en la actualidad. Se incrementa la especialización agrícola; consecuentemente, aumenta la pérdida de agua en el establecimiento agropecuario, se agudizan los efectos sobre la erosión de suelo y el daño en la infraestructura vial, y urbana

A_II ASP (Agrosilvopastoril): uso agrícola, ganadero y forestal, los productores adoptan sistemas silvopastoriles en un 20 % de la superficie, en el resto se incluyen pasturas permanentes en rotación con cultivos agrícolas. No se realizan obras de ordenamiento de cuencas, ni se incorporan prácticas de conservación de suelo en los predios.

A_III ASP + Conservación de Suelo + Ordenamiento Hidrológico (ASP+CS+OH). Los productores adoptan prácticas agrosilvopastoriles y prácticas de conservación de suelo y agua en sus campos. En la cuenca, se ordena la red de desagüe y controla la erosión en cárcavas y surcos, y la erosión de cauces de los arroyos.

A_IV: Uso Actual + Conservación de Suelo + Ordenamiento Hidrológico (ACTUAL+CS+OH). Uso predominantemente agrícola (similar al actual) con prácticas de conservación de suelo y agua en los campos y ordenamiento hidrológico a nivel de cuenca.

A_V: Uso intensivo agrícola + conservación de suelo+ ordenamiento hídrico (INTENSIVO+CS+OH). Se incrementa la especialización de los sistemas de producción hacia la producción de oleaginosas, con prácticas de conservación de suelos y ordenamiento hidrológico.

Los criterios son seis: 1. Inversiones en conservación de suelo y ordenamiento hídrico (INV), 2. Beneficios netos privados (BEN), 3. Servicios ecosistémicos de conservación (SEC), 4. Caudal pico (QPI), 5. Empleo generado (EMP); 6. Esfuerzo político institucional (EPI).

Tabla A3. Matriz de decisión: Ordenamiento cuenca del arroyo Ají, provincia de Córdoba.

Alternativas	INV (Millones \$c)	BEN (Millones \$c/año)	SEC (% área de la cuenca)	QPI (m ³ /s)	EMP (N° puestos de trabajo)	EPI (Índice)
A_I: Tendencial	28	212	13	626	830	1
A_II: ASP	179	160	45	381	1915	4
A_III: ASP+CS+OH	245	166	45	103	1928	5
A_IV: ACTUAL+CS+OH	88	196	30	160	889	3
A_V: INTENSIVO+CS+OH	117	222	13	198	843	2
Objetivo	MIN	MAX	MAX	MIN	MAX	MIN
F. Preferencia	Lineal	Lineal	Lineal	Lineal	Lineal	Usual

Nota: \$c= pesos constante diciembre de 2017; INV= Inversiones en conservación de suelo y ordenamiento hídrico, en millones de pesos constantes; BEN= Beneficios netos privados, en millones de pesos constantes por año; SEC=Servicios ecosistémicos de conservación, en porcentaje del área de cuenca; QPI=Caudal pico, en metros cúbicos por segundo; EMP= Empleo generado, en número de puestos de trabajo; EPI, Esfuerzo político institucional, criterio cualitativo expresado como índice.

Caso 4. Análisis multicriterio para la evaluación ex-ante de alternativas productivas para el partido de Pergamino

Bitar, M.V; Cabrini, S.M.

Actualmente existe preocupación por los impactos ambientales del modelo de producción predominante en la región pampeana argentina. Estos impactos en mayor o menor medida refieren a: la pérdida de la capacidad productiva de los suelos, la pérdida de biodiversidad, las emisiones de gases de efecto invernadero, los desbalances de nutrientes (principalmente fósforo y nitrógeno), y los riesgos contaminación por pesticidas. Este caso de estudio se plantea como objetivo analizar sistemas productivos alternativos desde un enfoque multicriterio que incluya aspectos económicos, ambientales y sociales.

A_I: Monocultivo de Soja. Uso de la tierra asignado en un 100% a la Soja de 1ra, con un rendimiento de 3.5 tn/ha/año, realizando fertilización de P exclusivamente (23 kg/ha/año), se realiza aplicación de pesticidas y no se realiza labranza.

A_II: Rotación agrícola. Uso de la tierra: Soja 1ra (33%, rend. 4.8 tn/ha/año), Trigo/Soja 2da (33%, rend. 4.6/3.8 tn/ha/año), Vicia(cobertura)/Maíz (33%, rend. 8.2 tn/ha/año). Fertilización con N (47 kg./ha/año) y P (42 kg./ha/año). Se realiza aplicación de pesticidas y no se realiza labranza.

A_III: Rotación agrícola-ganadera. Uso de la tierra: Raigrás (verdeo)/Maíz (40%, rend. 7.5 tn/ha/año), Soja 1ra (40%, rend. 3.5 tn/ha/año) y Pastura consociada base alfalfa (20%, rend. 0.5 tn/ha/año carne bovina). Se realiza fertilización con N (51 kg/ha/año) y P (7 kg/ha/año). Se aplican pesticidas y no se realiza labranza.

A_IV: Rotación orgánica agrícola-ganadera. Uso de la tierra: Maíz (12.5%, rend. 6.4 tn/ha/año), Trigo/Soja 2da (12.5%, 3/1.7 tn/ha/año), Vicia (cobertura)/Maíz (12.5%, rend. 6.4 tn/ha/año), Moha (12.5%, rend. 6.5 tn/ha/año), Pastura consociada base alfalfa (50%, rend. 0.5 tn/ha/año carne bovina). No se realiza fertilización, no se aplican pesticidas y se realiza labranza.

Los criterios considerados son: 1) Margen Bruto (MB), en dólares por hectárea por año; 2) Diversificación productiva, en base a coeficiente de Herfindahl-Hirschman; 3) Balance de Nitrógeno, en kilogramos por hectárea por año; 4) Balance de Fósforo, en kilogramos por hectárea por año; 5) Materia orgánica del suelo, en porcentaje a los 20 cm de profundidad del suelo; 6) Riesgo de contaminación por pesticidas en índice EIQ; 7) Esfuerzo de gestión, criterio cualitativo.

Tabla A4. Matriz de decisión: Sistemas de producción en partido de Pergamino, Buenos Aires.

Alternativas	Criterios						
	Margen bruto	Balace de nitrógeno	Balace de fosforo	Materia Orgánica del suelo	Riesgo de contaminación por pesticidas	Diversidad productiva	Esfuerzo de gestión
	u\$s / ha -1	Kg ha -1	Kg ha - 1	% (0- 20cm prof. suelo)	EIQ	1/IHH*10000	escala (1-5)
A_I: monocultivo de soja	522	-28,176	1,18	2,6	53,8	1	1
A_II: rotación agrícola	678	15,83	8,07	3,5	48,12	5	2
A_III: rotación agrícola ganadera	391	8,53	-5,74	2,7	93,62	3,8	3
A_IV: rotación agrícola ganadera orgánica	313	18,38	-12,27	3,3	0	4,5	5
Objetivo	max	= 0	= 0	max	min	max	min
F. Preferencia	V lineal	V lineal	V lineal	V lineal	V lineal	V lineal	V lineal

Nota: HH: Coeficiente de Herfindahl-Hirschman. EIQ=Environmental Impact Quotient

Caso 5. Evaluación de alternativas productivas en agricultura familiar: aplicación en un caso del sudoeste de Buenos Aires

Giordani, G.

El modelo agropecuario caracterizado por la agriculturización y el monocultivo se expandió en la región pampeana con consecuencias negativas ambientales y sociales. Las alternativas productivas para la agricultura familiar son escasas y los datos censales dan cuenta de la disminución del número de explotaciones agropecuarias de menor tamaño. Se aborda el análisis de alternativas productivas apropiadas para dicho sector, para fortalecerlo y disminuir la tendencia hacia su desaparición. Se presenta el caso de un productor familiar ganadero del sudoeste de Buenos Aires con 90 hectáreas productivas, 70 vacas de cría y 200 ovejas. Se dedica a la venta de terneros y corderos, con planteos de siembra convencional de cultivos anuales utilizados para forraje (avena, avena con vicia, sorgo, cebada y festuca); y eventualmente con rotación de estas parcelas con pasturas. El productor percibía el estado de degradación de algunos potreros, visualizado en el suelo y en la cantidad y calidad de los cultivos. A su vez, gastaba cada año más en insumos químicos para tener recurso forrajero viendo afectados sus resultados económicos.

A_I: Tendencial. Es la alternativa existente proyectada a futuro, es decir, el sistema sigue funcionando igual. A base de cultivos anuales realizados con labranza convencional y uso de agroquímicos, con una creciente degradación del suelo y con una relación ingreso/costo directo muy ajustada.

A_II: Disminución gradual de insumos químicos. Se aplica en todo el campo menos cantidad de productos químicos y se reemplaza el efecto de éstos con otras técnicas basadas en procesos (ej. rotaciones, intercultivo de gramíneas con leguminosas, incorporación de pasturas polifíticas plurianuales, manejo controlado del pastoreo y siembra directa sin agroquímicos). El esquema productivo comienza a transicionar hacia la agroecología. El gasto en productos disminuye y se ven mejoras en el estado del suelo y del forraje.

A_III: Intensificación de la actividad ovina y disminución de la bovina. Disminuye el número de vacas a 40 madres y aumenta el número de ovinos para ocupar 50 hectáreas con 400 ovejas, con el necesario manejo de la rotación de animales en los potreros para evitar la compactación y el sobrepastoreo. Inversión en alambrados y aguadas para lograr un manejo intensivo eficiente. Se disminuye el uso de productos químicos incorporándose las técnicas de manejo propias de la agroecología.

A_IV: Sistema silvopastoril. La incorporación del árbol al sistema brinda múltiples beneficios (biodiversidad, sombra y reparo, madera). Requiere una inversión inicial importante (compra de plantines y plantación) que puede financiarse en caso de acceder a un programa forestal. Se comienza percibir un beneficio económico al segundo año con un primer raleo para leña, al 5 año se puede raleo para leña y madera, y a los 10 años se hace la tala rasa y es cuando se generan los mayores ingresos. Se consideran especies comunes para la zona, como eucaliptus y álamo para cortinas o montes de reparo ocupando una superficie de 20 hectáreas.

Los criterios considerados fueron: 1) Margen Bruto/Año, en pesos por año; 2) Inversión Inicial, 3) Percepción del riesgo del productor, 4) Esfuerzo de cambio y gestión, 5) Estado de suelo y biodiversidad.

Tabla A5. Matriz de decisión: Alternativas productivas sistema de producción familiar del sudoeste de la provincia de Buenos Aires

Alternativas	Resultado Económico	Inversión inicial	Percepción del riesgo de mercado	Esfuerzo de cambio y gestión	Estado del suelo y biodiversidad
	(MB\$/año)	(Índice)	(Índice)	(Índice)	(Índice)
A_I: Tendencial	282.000	1	1	1	1
A_II: Disminución gradual	561.144	1	4	1	3
A_III: Intensif. con ovinos	567.584	3	2	2	3
A_IV: Silvopastoril	746.605	5	3	3	5
Objetivo	MAX	MIN	MIN	MIN	MAX
F. Preferencia	Lineal	Usual	Usual	Usual	Usual

Caso 6. Alternativas de conservación del bosque de caldén, Córdoba, Argentina, visión 2035.

Tello, D.; de Prada, J. y Cristeche, E.

El caso aborda el análisis de diferentes alternativas de política para la conservación del bosque nativo de caldén afectado por el desmonte y la degradación con riesgo de pérdida de: 1) biodiversidad-capacidad de adaptación del ecosistema, 2) especies únicas en el mundo (endemismos), y 3) capacidad de regulación hídrica y protección del suelo.

Alternativas

A_I. Tendencial: se mantiene y cumple con la Ley de conservación de bosques nativos N°26.331, y Ley provincial 9814 (2010). El Estado compensa por la provisión de servicios ecosistémicos no comerciales y penaliza por desmonte (PD).

A_II. Desregulación de la conservación del bosque: consiste en eliminar las restricciones legales, así como áreas del Estado con competencia en la administración del bosque, para permitir el libre funcionamiento del mercado.

A_III. Programa de extensión de prácticas para el uso múltiple del bosque con prohibición. El Estado compensa por la provisión de servicios ecosistémicos, penaliza por desmonte y desarrolla un programa para transferir capacidad para aprovechar los múltiples servicios ecosistémicos comerciales del bosque (existe evidencia de que es posible triplicar los beneficios comerciales del bosque a partir de este tipo de sistemas).

A_IV. Programa de extensión para el uso múltiple del bosque: esta alternativa es similar a la precedente sin la prohibición al desmonte.

A_V. Programa de reforestación del bosque con prohibición. El Estado: compensa, penaliza por desmonte, transfiere uso múltiple del bosque y promueve la reforestación de 36.467 hectáreas. El subsidio usa la ley de inversiones para bosques cultivados (Ley 25080, 1998).

Los criterios para comparar son los siguientes: 1) superficie de bosque, 2) beneficios privados de los productores agropecuarios, 3) transferencias, 4) valoración económica del bosque de la población urbana, 5) generación de empleo, 6) esfuerzo político institucional, y 7) riesgo de conflictos sociales.

Tabla A6. Matriz de decisión: Políticas alternativas para el bosque de caldén, Córdoba, Visión 2030

Alternativas	Superficie de Bosque (ha)	Beneficios privados \$ mill/año	Transferencias \$ mill/año	Val. Eco. Bosque pob. Urb. \$mill/año	Generación de empleo N° Emp. Per.*	EPI Índice	RCS Índice
A_I Tend.	77.589	4	5	0	3.080	Bajo	Medio
A_II Desreg.	52.953	26	0	-71	2.461	Muy Bajo	Muy Alto
A_III Ext.+P	77.589	30	27	0	4.457	Alto	Bajo
A_IV. Ext.	57.709	41	20	-57	3.614	Alto	Alto
A_V. Refor+P	114.056	76	71	105	5.815	Muy Alto	Medio
Obj.	MAX	MAX	MIN	MAX	MAX	MIN	MIN
F. Preferencia	Lineal	Lineal	Lineal	Lineal	Lineal	Usual	Usual

Nota: *La generación de empleo se mide en número de empleados permanentes.

*Caso 7. Alternativas de expansión urbana de la ciudad de Marcos Juárez (Córdoba),
visión 2030*

Degioanni, A.; de Prada, J.

La expansión urbana de ciudad de Marcos Juárez ha generado un conflicto político institucional entre el Municipio y el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). El Municipio ha reclamado a la Nación la cesión de 152 ha al sureste de la localidad, actualmente bajo la jurisdicción de INTA, utilizadas para experimentación agroecológica. El Ordenamiento Territorial puede ayudar a resolver dicho conflicto mediante el diseño de alternativas de expansión urbana que consideren un patrón de poblamiento que satisfaga las necesidades de la sociedad en un marco de armonía entre intereses públicos y privados. Las alternativas propuestas para dicho fin son:

A_I Tendencial, prognosis de la evolución histórica sin modificar las fuerzas de localización y considerando la cercanía a la autopista Córdoba - Rosario.

A_II: Ecociudad constituye un patrón de poblamiento desarrollado con el mínimo uso de recursos e impacto ambiental (diseño con parámetros de la bibliografía).

Las **A_III**, **A_IV** y **A_V** son propuestas de expansión compacta al **noroeste, noreste y al sureste de la localidad**, respectivamente. La **A_V** incluye el campo de INTA en conflicto.

Los criterios de decisión son: 1) la densidad poblacional, 2) esfuerzo político institucional, 3) conflicto social (asociada a la extensión de la frontera urbano-rural), 4) riesgo de inundación y sanitario (por ascenso de napa freática); 5) Gestión de Residuos Sólidos Urbanos; 6) Extensión de redes de servicios (calles, electricidad, gas, agua potable, cloacas, fibra óptica, etc.), 7) Pérdida de renta agraria (asociada a cambio de uso rural a urbano del suelo), 8) Costo de compra la tierra (inversión financiera).

Tabla A7. Matriz de decisión: Alternativas de expansión urbana de Marco Juárez, Córdoba, Argentina

Alternativas	DP Hab. ha ⁻¹	EPI Cualitativo	CSA Cualitativo	RIS Cualitativo	GRSU Tn año ⁻¹	ER Km	PRT MM \$	CCT MM \$
A_I: Tendencial	12	Muy bajo	Alto	Medio	14.281	2.408	602	3.430
A_II: Ecociudad	37	Muy alto	Medio	Medio	7.141	193	0	632
A_III: Noroeste	32	Medio	Bajo	Bajo	10.711	371	44	978
A_IV: Suroeste	31	Medio	Bajo	Medio	9.409	399	50	1.024
A_V: Sureste	31	Alto	Muy alto	Alto	9.409	434	95	769
Objetivo	MAX	MIN	MIN	MIN	MIN	MIN	MIN	MIN
F. Preferencia	Lineal	Usual	Usual	Usual	Lineal	Lineal	Lineal	Lineal

Nota 1: DP: densidad poblacional, EPI: esfuerzo político institucional, CSA: conflictividad social, RIS: riesgo de inundación sanitario, GRSU: Gestión de Residuos Sólidos Urbanos, ER: extensión de redes, PRT: pérdida de renta económica, CCT: costo compra de la tierra. Nota 2: Hab. ha-1: cantidad de habitantes por hectárea, Tn. año⁻¹: toneladas por año, Km: Kilómetros, MM \$: Millones de pesos

Caso 8. Planificación estratégica territorial: construcción de la visión territorial en localidades rurales

De Prada, J.; Degioanni, A.; Gil, H.; Becerra, V.; Nuñez, C.; Cantero, G.; Cisneros, J.; Tello, D.; Plevich, O.; Pereyra, C.; Cabe, E.; Amin, S.; Mariscotti, E.; Chilano, Y. y Galfioni, M. A.

Los problemas de dispersión urbana e incremento de los conflictos entre residentes e industrias; y por riesgo de contaminación por agroquímicos aumentan en localidades pequeñas localizadas en el medio rural. Por ejemplo, en la localidad de Santa Eufemia, Córdoba, existe una tensión importante entre la planta industrial procesadora de maní y los residentes urbanos en la proximidad. Los vecinos reclaman por “*polvo en el aire, ruidos molestos, alergias*” asociados a la industria. La gerencia de la industria menciona que ellos están localizados antes que las residencias y que los efectos indeseados son los normales de una industria de esa naturaleza.

Por ello, el gobierno municipal cree importante localizar un parque industrial alejado de la zona residencial, y al mismo tiempo, decidir la reserva de tierras para localizar las residencias futuras y evitar las tensiones industria-residentes urbanos a futuro. Las decisiones estratégicas incluidas en la visión inicialmente serían éstas dos y el gobierno municipal involucró a los actores y referentes de la localidad en las instancias vinculadas a las mismas. En primer lugar, se identificó la localización del parque industrial (de diez alternativas identificadas tres fueron competitivas). La matriz de decisión se completa con siete criterios (Tabla A8a). En segundo lugar, se trabaja la decisión de localización de la zona residencial para la población urbana futura, se identifican cinco alternativas de expansión urbana (PEU) y nueve criterios que se exponen en la Tabla A8b.

Tabla A8a. Matriz de decisión: localización del parque industrial, Santa Eufemia

Alternativas	C1 Índice*	C2 Índice*	C3 \$ Miles	C4 Ha	C5 M	C6 M	C7 M
A_I: LPI-Este	muy bajo	medio	28.000	120	1.400	4.000	1.700
A_II: LPI-Norte	medio	alto	0	0	1.500	2.500	0
A_III: LPI-Sur	alto	muy bajo	0	0	3.000	5.500	0
Objetivo	MIN	MIN	MIN	MIN	MIN	MIN	MIN
F. Preferencia	Usual	Usual	Lineal	Lineal	Lineal	Lineal	Lineal

Nota: LPI: Localización del parque industrial, C1: Dificultad gestión de desagües pluviales y sanitarios; C2: Riesgo de afectación por viento predominantes (NE-SO); C3: Costo de infraestructura de acceso, en miles de pesos; C4: Tierra afectada por vía acceso vehicular parque, en hectáreas; C5: Construcción de accesos (empleados) desde el área urbana, en metros; C6: Deposition de residuos sólidos del parque, distancia al basural, en metros; y C7: Abastecimiento agua

industrial, incendios y servicios, en metros.*A los criterios cualitativos se les han asignado valores para que el número menor represente la mejor alternativa para el criterio.

Tabla A8b. Matriz de decisión: propuestas de expansión urbana, Santa Eufemia

Alternativas	C11 Habs.	C12 \$ Miles	C13 \$ Miles	C14 ha	C15 M	C16 ha	C17 Tn./año	C18 Índice	C19 Índice
A_I: PEU 1. Tendencial	3.100	30.750	82.750	337	58.200	443	905	5	1
A_II: PEU 2. Ecomuna	3.100	0	2.000	132	25.100	280	424	1	5
A_III: PEU 3. Noroeste	4.000	10.950	31.000	205	37.500	325	689	5	3
A_IV: PEU 4. Suroeste	4.000	9.900	28.750	198	36.600	325	689	2	3
A_V: PEU 5. Econoroeste	4.000	3.300	13.000	154	29.500	280	548	1	4
Objetivo	MAX	MIN	MIN	MIN	MIN	MIN	MIN	MIN	MIN
F. Preferencia	Lineal	Lineal	Lineal	Lineal	Lineal	Lineal	Lineal	Usual	Usual

Nota: C11: Población, en cantidad de habitantes; C12: Costo de la tierra, en pesos por mil; C13: Inversión infraestructura vial, en pesos por mil; C14: Desagüe pluviales, en metros; C15: Red troncal de cloacas, en metros; C16: Transporte de residuos sólidos domiciliarios, en toneladas / año; C17: Exposición al parque industrial norte, C18: área de amortiguación, en hectárea; C19: Esfuerzo político institucional, índices cualitativos menor es el número mejor.

Caso 9. Diseño y selección de alternativas de gestión de residuos sólidos urbanos en Santa Eufemia, Córdoba.

Autores: Cabe, E.; de Prada, J.

El caso de gestión de residuos sólidos urbanos (RSU) en la localidad de Santa Eufemia aborda un problema cada vez más importante para las localidades menores de diez mil habitantes en la provincia de Córdoba. La gestión y la deposición final de los RSU en basurales a cielo abierto y su incineración afectan negativamente: a) al ambiente, por la generación de emisiones de gases efecto invernadero, la contaminación de suelo, y la afectación del paisaje rural; b) a la salud humana; con proliferación de plagas y enfermedades de alto riesgo social; y c) a la economía de los municipios por los elevados costos de tratamiento.

Las alternativas para gestión son cinco:

A_I Tendencial (o modalidad actual): implica la recolección; transporte (30.858 km por año) y deposición final de RSU en el basural local a cielo abierto y posterior incineración. La A_I requiere de inversiones fijas en mejoras para ajustar y acondicionar al marco legal el BCA (Ley Provincial 9.088/10.208).

A_II: realiza la recolección; transporte (40.225 km año-1) y el tratamiento de RSU en una planta ubicada en el predio del Basural Municipal Acondicionado (BMA), para luego depositar controladamente los RSU que no tienen valor de reúso y/o reciclado después de su clasificación.

A_III involucra grandes cambios de comportamiento social e institucional. Los RSU son separados en origen y se realiza compostaje domiciliario con la fracción orgánica. Posteriormente, se recolecta solamente la fracción inorgánica, por lo que las distancias de transporte se reducen (19.719 km año-1), para luego realizar la clasificación de materiales reciclables, valorización y deposición controlada en el BMA. Particularmente, la A_III requiere de inversiones intangibles en educación ambiental y extensión, estimadas en \$400.000, para acompañar a los usuarios (hogares) en la elaboración de compost domiciliario (o proximidad).

A_IV implica la separación de RSU en origen; recolección diferenciada y transporte (53.430 km año-1) de residuos inorgánicos a una planta regional de tratamiento en localidad La Carlota (30 km al sur de Santa Eufemia), mientras que la valoración de los residuos orgánicos es a nivel local.

A_V involucra la separación de RSU en origen; recolección diferenciada y transporte (40.225 km año-1); donde la clasificación y deposición controlada es igual a la A_II.

Los criterios valorados son cinco: 1) Inversiones, medida en pesos, para ajustarse a la legislación y gestionar los RSU; 2) Costo Equivalente Municipal, 3) Emisiones gases efecto invernadero, 4) Involucramiento social desde el hogar, la escuela y la sociedad civil, y 5) Esfuerzo político institucional.

Tabla A9. Matriz de decisión de alternativas de gestión de residuos sólidos urbanos, Santa Eufemia

Alternativas	Inversiones	CEM	EGEI	Involucramiento Social*	EPI
	\$	\$ año ⁻¹	Ton CO ₂ eq. año ⁻¹	Índice	Índice
A_I Tendencial	2.135.000	2.951.909	5.879	Muy bajo	Muy bajo
A_II **	5.435.000	4.137.896	5.015	Bajo	Bajo
A_III	2.985.000	2.687.699	2.972	Muy alto	Muy alto
A_IV	3.085.000	3.050.746	6.329	Medio	Medio
A_V	5.585.000	3.912.034	5.015	Alto	Alto
Objetivo	Min	Min	Min	Max	Min
F. Preferencia	Lineal	Lineal	Lineal	Usual	Usual

Nota: CEM =costo económico municipal; EGEI = emisiones de gases efecto invernadero; EPI =esfuerzo político institucional. *Criterio y dirección del objetivo definidos por el gobierno y actores locales. ** Propuesta basada en centros regionales de acopio y tratamiento de residuos inorgánicos de la provincia de Córdoba.

Caso 10. Alternativas de aprovechamiento de aguas residuales tratadas, Adelia María, Córdoba, Argentina.

de Prada, J.; Degioanni, A.; Cisneros, J.; Gil, H.; Plevich, O.; Chilano, Y.; Pereyra, C. y Cantero G., A.

Por la calidad del agua, el efluente tratado puede constituirse en una oportunidad para riego complementario en las localidades de la región pampeana, y al mismo tiempo, realizar el tratamiento terciario del efluente minimizando los efectos ambientales. Esta modalidad es usada desde el inicio de la red cloacal en el año 2000 por CTAM, cooperativa responsable de saneamiento, en la localidad de Adelia María, Córdoba, Argentina. En la Tabla A9. se muestra la matriz de decisión.

Las alternativas desarrolladas para aprovechar los efluentes fueron cinco: 2 forestales, 2 agrícolas y una silvopastoril, con diferente consumo anual de efluentes tratados: **A_I Eucaliptos** ($8.000\text{m}^3\text{ha}^{-1}$), **A_II Álamos** ($7.000\text{m}^3\text{ha}^{-1}$), **A_III Alfalfa** ($3.500\text{m}^3\text{ha}^{-1}$), **A_IV Trigo-Maíz** ($4.000\text{m}^3\text{ha}^{-1}$) y **A_V Pinos-Alfalfa** ($6.000\text{m}^3\text{ha}^{-1}$). El efluente tratado es distribuido mediante riego por inundación de forma similar en todas las alternativas.

Los criterios desarrollados para evaluar las distintas alternativas propuestas fueron: 1) la adquisición de tierra requerida para depuración, en hectáreas, 2) el impacto ambiental, criterio cualitativo 3) el beneficio neto privado, medido por el Equivalente Anual del Valor Actual Neto (EAVAN) en pesos por año, 4) el esfuerzo de gestión, criterio cualitativo y 5) la incertidumbre de mercado, criterio cualitativo.

Tabla A10. Matriz de decisión de alternativas de uso de efluente tratado

Alternativas	Adquisición de tierra Ha	Impacto ambiental Índice	EAVAN _{6%} \$ año ⁻¹	Esfuerzo gestión Índice	Incertidumbre mercado Índice
A_I Eucaliptos	33	Muy bajo	-76.073	Muy bajo	Muy alto
A_II Álamos	38	Muy bajo	-193.130	Muy bajo	Regular
A_III Alfalfa	75	Muy alto	11.413	Regular	Muy bajo
A_IV Trigo-Maíz	66	Muy alto	-29.333	Muy alto	Muy bajo
A_V Pinos Alfalfa	44	Regular	-125.677	Alto	Regular
Objetivo	Min.	Min.	Max.	Min.	Min.
F. Preferencia	Lineal	Usual	Lineal	Usual	Usual

Nota: EAVAN= Equivalente Anual del Valor Actual Neto, considerando una tasa de descuento real del 6%

Decisiones estratégicas en el medio rural y la franja urbano - rural

Aplicaciones con Análisis Multicriterio Discreto

Jorge D. de Prada, Estela R. Cristeche y Diego Tello

(Comps.)

Autores

Tello, D.; Cisneros, J. M.; Cristeche, E.; De Prada, J.; Andrieu, J.; Lemole, G.; Goti, A.; Natinzon, P.; Auer, A.; Murillo, N.; Manchado, J. C.; Gil, H.; Cabe, E.; Bitar, M.; Cabrini, S.; Giordani, G.; Degioanni, A.; Becerra, V.; Nuñez, C.; Cantero Gutierrez, A.; Plevich, O.; Pereyra, E.; Amin, S.; Mariscotti, E.; Chilano, Y. y Galfioni, M. A.

La presente publicación invita a los lectores a reflexionar en el largo plazo y a actuar aquí y ahora. En el largo plazo, construir la visión compartida que favorezca el liderazgo colaborativo y la alineación de los actores interesados a resolver problemas estructurales y estructurantes del territorio. Actuar aquí ahora para iniciar ya, la transición hacia la visión compartida. El libro comparte las experiencias realizadas en extensión, investigación y enseñanza por parte de docentes e investigadores de la UNRC y del INTA. Aborda problemas complejos cuya solución depende de las interacciones y actuaciones de varios actores. En este sentido, los autores han participado en forma directa ayudando a los gobiernos locales o instituciones, desde la identificación del problema, pasando por las posibles respuestas, hasta la elección de la solución más promisoría. En segundo lugar, comparte un enfoque y forma de trabajo que facilita el diálogo, la inclusión de perspectivas diferentes y la interdisciplinariedad. La planificación estratégica territorial y el método multicriterio PROMETHEE constituyen la esencia del enfoque. El libro, además, comparte aplicaciones o estudios de casos independientes que resignifican en términos concretos el enfoque y la necesidad de pensar colaborativamente el territorio, y codiseñar visiones compartidas en situaciones contrastantes.



Instituto Nacional de
Tecnología Agropecuaria

Secretaría de Agricultura,
Ganadería y Pesca



Ministerio de Economía
Argentina



UniRío
editora | 10 años



Universidad Nacional
de Río Cuarto
Secretaría Académica