



EVALUACIÓN MULTICRITERIO DE LA EXPANSIÓN URBANA, VISIÓN 2030: El Caso Río Cuarto, Córdoba, Argentina

Jorge D. de Prada

Departamento de Economía Agraria, FAV, UNRC, Argentina

jdeprada@ayv.unrc.edu.ar

Américo J. Degioanni

Departamento de Ecología Agraria, FAV, UNRC, Argentina

José M. Cisneros

Departamento de Ecología Agraria, FAV, UNRC, Argentina

María A. Galfioni

Departamento de Geografía, FCH, UNRC, Argentina

Alberto Cantero G.

Departamento de Ecología Agraria, FAV, UNRC, Argentina

Resumen:

La tasa de conversión de las tierras rurales a urbanas será mayor que la tasa de crecimiento de la población urbana si se mantiene el patrón de urbanización actual. El objetivo de este trabajo es mostrar un modelo multicriterio para evaluar propuestas de expansión urbana (PEU) mediante una aplicación, en la ciudad de Río Cuarto, Córdoba Argentina. Cinco PEU fueron desarrolladas para el año 2030: *PEU1-Tendencial*, prognosis del patrón de urbanización; *PEU2-Ecociudad*, y tres PEU compactas localizadas al norte, oeste y sur de la ciudad. Los criterios de decisión son: la población, la pérdida de la renta agraria, la pérdida de servicios ecosistémicos, el costo de la infraestructura vial, el transporte de residuos sólidos domiciliarios, la extensión de redes de servicios públicos, y el esfuerzo político institucional (la distancia entre la situación actual y la visión futura). Un SIG e información inmediata disponible son usados para cuantificar los criterios y el método PROMETHEE es usado para evaluar las PEU. Se concluye que las PEU compactas (incluye ecociudad) tienen mejor performance económica, social, y ambiental que la PEU1 mientras que ésta es elegida solo en los casos que se reduzcan significativamente la cobertura de servicios públicos o el esfuerzo político institucional.

Palabras Claves: planificación territorial; expansión urbana; gobiernos locales; multicriterio; evaluación.

JEL Codes: O18; O21; R14



ABSTRACT

Title: Multi-criteria assessment of urban expansion, 2030 vision. A case study of city of Río Cuarto, Córdoba, Argentina.

The conversion rate of rural to urban land will be greater than the rate of growth of the urban population if the current pattern of urbanization is chosen. The aim of this paper is to show a multicriteria model to evaluate urban expansion proposals (PEU), developed in Río Cuarto city, Córdoba Argentina. For year 2030, five PEUs were designed: *PEU1-Tendential*, projection of the current urbanization pattern; *PEU2-Ecocity*, and three compact *PEUs* located to the north, west and south of the city. The decision criteria are: the population, the loss of rent of rural land, the loss of ecosystem services, the investment in street network, the transport of municipal solid waste, the extension of public service networks, and the institutional political effort, which qualities the distance between current and future vision *PEUs*-2030. A GIS and available information are integrated in a decision matrix and the PROMETHEE method is used to evaluate the PEU. It is concluded that compact *PEUs* (including ecocity) have a better economic, social and environmental performance than *PEU1*, whereas *PEU1* is chosen either when the coverage of networks of public services is significantly reduced or the institutional political effort is very low.

Keywords: spatial planning, urban sprawl; local government; multi-criteria; assessment;

1. Introducción

El incremento de la población y el patrón de urbanización probablemente agudicen los conflictos urbanos-rurales. Las predicciones de la Organización de Naciones Unidas (2014) muestran que la población mundial pasará de 7.325 a 8.425 MM de hab., y la población urbana de 3.957 a 5.058 MM de hab., mientras que la población rural se mantiene en 3.367 MM hab., entre el año 2015 y 2030. En Argentina la población urbana pasará de 39 a 44 MM de hab. y la rural se mantiene alrededor de 3 MM hab. El aumento de población urbana inducirá probablemente la conversión de tierras rurales a urbanas.

El otro factor importante en la conversión de tierras es el patrón de urbanización y los movimientos de la población urbana. La tasa de conversión de tierras rurales a urbanas duplica a la tasa de crecimiento de población urbana en las proyecciones entre el año 2000 y 2030 (Angel et al., 2011). Además, existen patrones de expansión urbana *dispersa* "sprawl" que han sido identificados como un problema importante en EEUU, Europa y también observado en América Latina.

El patrón *disperso*, guiado por las fuerzas del mercado, se corresponde con alta densidad

de edificaciones en los centros comerciales y cívicos y el establecimiento de barrios (de baja densidad poblacional) enclavados en las zonas rurales, en forma discontinua y fragmentada, dejando grandes espacios vacíos. Este patrón es soportado por el automóvil como medio principal de movilidad (Carruthers y Ulfarsson, 2003b; EEA, 2006). Comparado con otros patrones, la urbanización *dispersa* genera graves inconvenientes. Por ejemplo, McElfish (2007) menciona la pérdida de soporte para los servicios públicos y amenidades, el incremento en el costo del transporte, un mayor consumo de recursos naturales, la degradación de la calidad del aire, del agua y la alteración permanente del hábitat y del paisaje. Además, la urbanización *dispersa* ha incrementado el gasto en los servicios públicos (Carruthers y Ulfarsson, 2003b); y aumentado la probabilidad de problemas de obesidad e hipertensión (Ewing et al., 2014; Lopez, 2004) en EEUU. En Europa de acuerdo al EEA (2006), la expansión urbana *dispersa* socava la propia cultura y valores comunitarios, y es muy probable que haga insuficientes los esfuerzos globales para alcanzar las metas de mitigación del cambio climático. También, la urbanización *dispersa* se ha verificado en algunas ciudades de



América Latina (Matteucci y Morello, 2009; Morello et al., 2000).

En contraste, existen patrones de urbanización más compactos. Blassingame (1998) menciona que ciudades bien construidas y conducidas son los lugares más deseables para el hábitat humano. Según Carruthers y Ulfarsson (2003a) políticas anti-dispersión han sido impuestas en los Estados de Arizona, Maine, Michigan y Tennessee con resultados fiscales importantes cuando lo contrastan con ciudades *dispersas*. Otro patrón antidisperso, la Ecociudad, promueve el mínimo uso posible de suelo, energía y agua, cambios en las jerarquías de la infraestructura de movilidad urbana, autogestión de los residuos urbanos, usos múltiples del suelo y la inclusión de espacios verdes (e.g. Gaffron et al., 2008).

Los conflictos urbanos rurales y la cantidad de tierras rurales convertidas a urbanas en buena medida dependen del patrón de urbanización. Un crecimiento urbano guiado por el interés público anticipando la visión futura mediante la planificación y gestión del territorio puede reducir los conflictos urbanos rurales y la conversión de tierras induciendo territorios más sostenibles (Gómez Orea, 2008).

Para la construcción de una visión es necesario elegir el área de expansión urbana junto con el patrón de poblamiento. Esta decisión puede ser apoyada al menos por dos enfoques: monocriteriales y multicriteriales (más detalles ver Falconí y Burbano, 2004). En el primer enfoque, el análisis beneficio costo es probablemente el más difundido. Los efectos de las alternativas de expansión urbana serían transformadas a valores monetarios, y apelando a un costo de oportunidad social del capital actualizamos los valores del flujo económico a un indicador económico de estado, Valor Actual Neto, (Falconí y Burbano, 2004) que permite elegir la alternativa que mayor beneficio neto de costos genera para la sociedad. Este enfoque tiene como ventajas: la regla de decisión es simple, fácil de interpretar, y los valores monetarios pueden ser comparados con otras

decisiones. Sin embargo, este enfoque tiene varias desventajas: asume el tomador de decisión es racional (y optimizador), que la eficiencia económica es el principal propósito del sistema social, que la información es completa. Por lo tanto, los efectos de la decisión son todos predecibles y medibles. Estas debilidades fueron marcadas por Simon (1955) quien dio las bases a un enfoque alternativo superador, que reconoce la racionalidad limitada o acotada del tomador de decisiones, que las decisiones están orientadas por múltiples objetivos (políticos, sociales, económicos), generalmente en conflictos, y que el diseño de alternativas y la información en los procesos de decisiones son generalmente incompleta. Por lo tanto, las decisiones se toman considerando una alternativa que *satisface* a los tomadores de decisiones. Estos principios dieron las bases filosóficas a los métodos multicriteriales (Romero, 1996).

Dentro del enfoque multicriterio se han desarrollado dos grandes familias de métodos: continuos y discretos (e.g. Falconí y Burbano, 2004; Romero, 1996). El análisis multicriterio discreto (AMD) permite ordenar y seleccionar una alternativa entre varias competitivas (p.e. visiones diferentes de expansión urbana). En la bibliografía, se han desarrollados tres ramas principales en el AMD interactivo (para una revisión más completa ver Barba-Romero, 1987). Una rama utiliza un sistema jerárquico de criterios (p.e. AHP). La segunda rama son los métodos de utilidad multiatributo que normalizan y agregan linealmente los atributos en una función de utilidad múltiple aditiva. La tercer rama se refiere a los métodos de superación o sobre clasificación (Barba-Romero, 1987). Los métodos de superación realizan comparaciones binarias entre alternativas y 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. Es importante destacar que los tomadores de decisiones juegan un rol importante en este método, ya que asignan la importancia de



cada criterio, la dirección de los objetivos, los umbrales de preferencia e indiferencia en el valor de los criterios (seudocriterios), y realimentan el modelo a partir de los resultados preliminares.

Los métodos de superación más difundidos son ELECTRE (desarrollado por Roy y Hugonnard, 1982), y PROMETHEE (Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluation) desarrollado por (Brans et al., 1986). Ambos métodos tienen diferentes versiones de acuerdo al tipo de decisiones. Por ejemplo, las versiones PROMETHEE I, II, III, IV y V permiten evaluar las ventajas y desventajas de cada alternativa, usar criterios cualitativos y cuantitativos, y hacer análisis de sensibilidad (Brans y Mareschal, 2005; Buchanan et al., 1998; Cisneros, 2010; Norese, 2006). El método PROMETHEE se ha usado en varios campos de aplicaciones: Gestión ambiental, Hidrología y manejo de cuencas, Negocios y gestión financiera, Química, Logística y transporte, Industria y ensamblaje, Gestión de energía, Estudios sociales, Agricultura, Educación, Salud, Deporte y gobierno (ver mayores detalles Behzadian et al., 2010). Sin embargo, no hemos encontrado aplicaciones que usen métodos multicriterio para elegir la visión territorial o para decidir la expansión urbana. Particularmente, en Argentina tampoco hemos hallado en la bibliografía el patrón de urbanización de ciudades intermedias. Este trabajo aborda esta brecha de conocimiento.

El objetivo del artículo es desarrollar un modelo conceptual y empírico de propuestas de ordenamiento de territorio considerando la conversión de tierras rurales a urbanas utilizando un método multicriterio discreto, con el propósito evaluar y ayudar en decisiones políticas de largo plazo. El modelo se desarrolla mediante una aplicación en la ciudad de Río Cuarto, Córdoba, Argentina. El modelo considera cinco propuestas (*la tendencial* y cuatro compactas) y siete criterios derivados de las dimensiones del desarrollo sostenible.

Tres son las principales contribuciones del artículo. En primer lugar, el método multicriterio requiere elaborar visiones alternativas y sistematizar la información para contrastarlas. El artículo muestra como agregar valor a la información disponible (AVID) integrando datos e información secundaria en una matriz de decisión. En segundo lugar, se muestra una manera de incorporar un criterio que cualifica el esfuerzo de gestión político institucional, que represente el contraste entre la situación actual y la futura en términos de comportamiento del gobierno-Estado y la sociedad para cada alternativa de expansión urbana. Este indicador se desagrega de la dimensión social y jerarquiza el rol de la conducción política en el proceso de construcción del territorio. En tercer lugar, se identifica el riesgo de un patrón de expansión *disperso* en una ciudad intermedia y se elabora la prognosis y compara con otras propuestas para anticipar los posibles efectos si se mantienen las políticas actuales. Con el método PROMETHEE se muestra las diferencias entre el rol profesional y el de gobierno, otorgando a éste último un grado de libertad importante que se pone de manifiesto mediante el análisis de sensibilidad.

2. Materiales y métodos

El área de estudio comprende 49.080ha, localizada en 33°7'25" de Lat. S y 64°20'56" Long. O, abarca la ciudad de Río Cuarto de la provincia de Córdoba, Argentina (Figura 1).

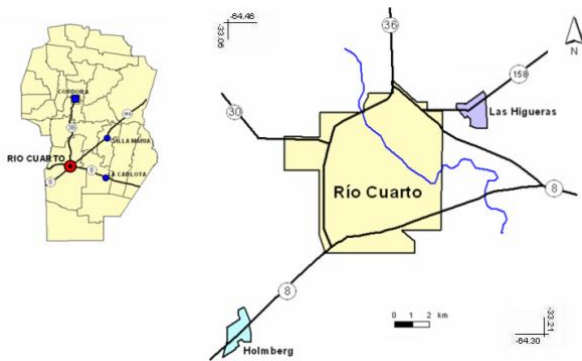


Figura 1. Localización de ciudad de Río Cuarto en la provincia de Córdoba, Argentina.

Para el análisis territorial se confeccionó un SIG, softwares Quantum GIS (QGIS, 2012) para operaciones espaciales y ArcView 3.2 (ESRI., 1999) para la representación cartográfica. Las unidades ambientales, las *propuesta de expansión urbana (PEU)* y la cobertura de servicios urbanos en el SIG se desarrollaron integrando las capas (en proyección cartográfica Gauss Krüger Faja 4): La evolución del área urbana para el período 1965–2002 (Maldonado y Campanella, 2004), la red vial (IGM, 1968), el área con servicios de agua potable, cloacas, desagües pluviales y gas (MRC, 2012) y los suelos (Cantero G. et al., 1986; Jarsún et al., 2003).

Las cinco unidades de tierras se agrupan en función del Índice de Productividad (IP) (Nakama y Sobral, 1987) y un Índice de Servicio Ecosistémicos (ISE) (ver FIGURA 2). El ISE es un índice *ad hoc que* captura servicios ecosistémicos como biodiversidad, regulación del ciclo de agua y aire, y provisión de agua dulce. El ISE toma valores de 100 y 50 para ecosistemas naturales río Cuarto (Conchancharava) y el humedal de la depresión de San José respectivamente. En tanto, los ecosistemas agrarios se le asignan un índice entre 10 y 20 de acuerdo al IP.

La expansión del área urbana de la ciudad para el período 1965–2008 se estimó mediante la operación envolvente convexa (Weisstein, s.f.) en Quantum GIS. A partir de las envolventes y tomando como punto de inicial el centro del área urbana en el año

1965, se calcularon la tasa anual de crecimiento en dirección a los puntos cardinales principales.

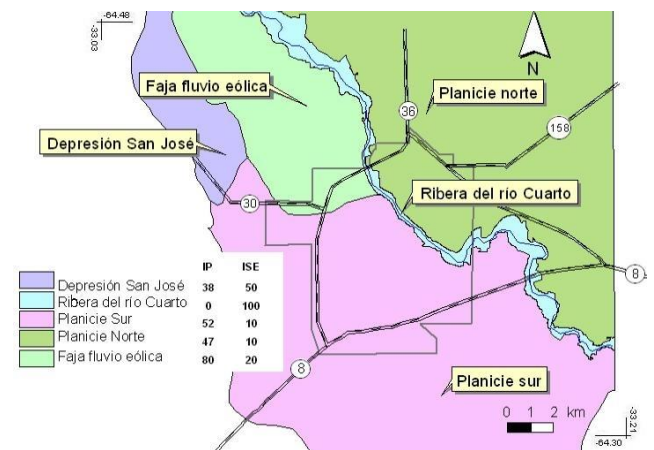


Figura 2. Unidades ambientales: Índice de productividad (IP) e Índice de servicios Ecosistémicos (ISE).

2.1. Propuestas de expansión urbana (PEU)

El diseño de las *PEU* considera la tasa histórica de expansión de la ciudad “*tendencial*” y las otras cuatro alternativas para el año 2030. Cuatro *PEU* incluyen la expansión urbana sobre tierras rurales: la “*PEU1 Tendencial*” (convierte aproximadamente 2.912ha para el año 2030) y las “*PEU3, 4 y 5*”, (convierten 1.185, 898 y 1.921 ha respectivamente) que se expanden hacia el norte, oeste y sur respectivamente (ver FIGURA 3). El diseño de las *PEU3, 4 y 5* considero los vectores de crecimiento dominantes; la red vial existente; y la conversión de tierras de menor aptitud productiva y ecológica. Por último, la *PEU2* constituye la urbanización del área “*vacía*”, densificación, renovación y consolidación registrada dentro de los límites de la envolvente en el año 2012, aproximadamente el 35% del total de la superficie. La *PEU2* usa los parámetros de *Ecociudad* y constituye la transformación de la ciudad de acuerdo a criterios y principios de sostenibilidad urbana (Gaffron et al., 2008).

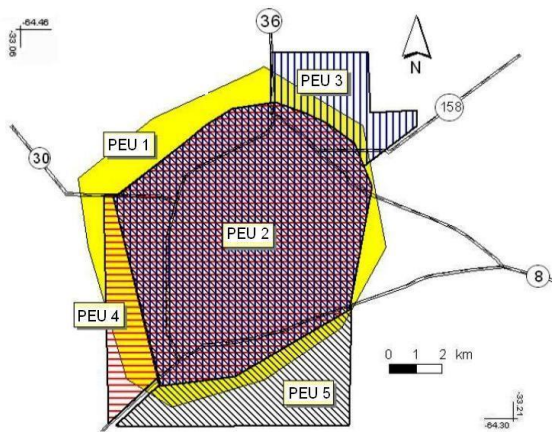


Figura 3. Diseño espacial de las PEU (el área de la PEU2 es común a las PEU3, 4 y 5).

En la visión 2030, para reducir los conflictos urbanos rurales se sugiere una zona de amortiguación, un cinturón de 500m de ancho en todas las PEU (ocupan aproximadamente 1.931, 1.671, 2.061, 1.879 y 2.037 ha en las PEU1, PEU2, PEU3, PEU4 y PEU5 respectivamente). Esta zona constituye un área de transición y protección de las actividades urbanas, con restricciones a usos o prácticas agrarias incompatibles con las zonas residenciales.

2.2. Criterios y su valoración

Se consideran siete criterios. En la dimensión social, el criterio es la población urbana albergada y el EPI. En la dimensión económica los criterios son: Pérdida de renta agraria; Costos de infraestructura vial; y Extensión de redes servicios urbanos. En la dimensión ambiental, los criterios son: Pérdida de servicios ecosistémicos; y Volumen de recolección de residuos sólidos domiciliarios.

2.2.1. Criterio: Población

En la PEU1-Tendencial y la PEU2-Ecociudad albergan a los habitantes estimados de acuerdo al crecimiento poblacional histórico. En tanto, para las PEU3, 4 y 5 albergan a más población que la Tendencial.

2.2.2. Criterio: Pérdida de la renta agraria (PRA)

La PRA valora la conversión de tierras rurales a urbanas se calcula mediante el Valor Actual de una renta agraria a perpetuidad representado por la siguiente ecuación:

$$PRA = \frac{1}{r} \sum_{i=0}^{\infty} (A_i^{eu} RE_i + 0,5 A_i^{za} RE_i)$$

donde A representa el área de tierra afectada hasta el año 2030, RE la renta agraria, el subíndice i identifica las unidades de tierras de acuerdo a la aptitud productiva, el superíndice eu y za expansión urbana y zona de amortiguación respectivamente, y r representa el costo de oportunidad social de la tierra, asumimos el 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, \$c, promedio 2012. RE toma los siguientes valores: \$c941, \$c1411 y \$c94 en las unidades Planicie norte y sur; la Faja fluvio eólica; y la Ribera del río Cuarto (FIGURA 2). En tanto, 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.

2.2.3. Criterio: Pérdida de servicios ecosistémicos (PSE)

La PSE se estima mediante la suma ponderada por área de las tierras rurales convertidas a urbanas por el ISE (ver FIGURA 2).

2.2.4. Criterio: Costo de infraestructura vial.

Para establecer el costo de la red vial se utiliza un valor de \$ 4.013.509 km⁻¹, tomando como referencia costos del plan de rutas y autopistas Argentinas (Laura, 2011). En tanto, para la PEU2 Ecociudad se agrega un 20% adicional del presupuesto para adecuar



infraestructura y movilidad interna. Las distancias de las rutas y caminos se establecen considerando tres características: a) la red vial en los límites externos de cada zona de las *PEU* (paralelo al perímetro del polígono envolvente), b) las colectoras de rutas nacionales (enlaces rutas 30, 8, 158 y 36) y c) las conexiones entre nuevas áreas urbanizadas y la existente actualmente – reducir riesgo de accidentes.

2.2.5. Criterio: Recolección de residuos sólidos domiciliarios (RSD)

El volumen de recolección RSD considera el número de habitantes por el promedio de RSD generados y no reciclado *in situ*. De acuerdo a Delgadino et al. (2011) se generan 383 kg año⁻¹ por habitante, con un 60% de residuos orgánicos. En la *PEU1*, no hay reciclaje *in situ*. En tanto, en la *PEU3*, 4 y 5 se considera que en las nuevas áreas urbanizadas se reciclan los residuos orgánicos *in situ*. En la *PEU2*, el área urbanizada recicla *in situ* y en el resto de la ciudad alcanza alrededor del 30% del reciclado *in situ* aunque reconocemos que el manejo de los RSD puede ser más ambicioso (e.g. EPA, 1997).

2.2.6. Criterio: construcción de redes de servicios públicos (Ratio-SU)

La construcción de las redes de agua potable, cloacas, gas natural y desagües pluviales a cada *PEU* con el 100% de cobertura en el año 2030 representa el esfuerzo económico municipal. Se utiliza como proxy las distancias y áreas utilizando Quantum GIS. En el SIG, para las operaciones de distancias se generó una retícula cuadrada 100m de lado en cada *PEU* y se midió la distancia lineal en metros y las áreas de los polígonos usando el comando del software. Dada la similitud en el orden de magnitud en las *PEU* para estos servicios, los mismos se agregaron en un criterio, Ratio-SU, equivalente al valor del *PEU_i* con respecto al del *PEU* que representa el valor mínimo. De este modo, uno significa el menor esfuerzo para cubrir el 100% de los servicios.

2.2.7. Criterio: Esfuerzo político – institucional (EPI)

De acuerdo a Matus (2008), en democracia el gobierno cumple tres funciones claramente discernibles: a) El diseño de las reglas que inducen y rigen los comportamiento del sistema social en el que aspiramos vivir (visión); b) El diseño del proyecto político (de gobierno) para utilizar o modificar las reglas sociales establecidas (estrategia), y c) La conducción del proceso político evaluando y corrigiendo los resultados del mismo. En la primera y segunda función se explicita la dimensión político-ideológica y el deseo de una sociedad idealizada, considerando la forma elegida para alcanzarlo. En la tercer función la capacidad de los gobernantes para poner en práctica el proyecto y resolver los conflictos emergentes.

El criterio *EPI* cualifica la distancia entre los requerimientos para alcanzar el comportamiento establecido para cada *PEU* y el comportamiento social actual. Una escala cualitativa de cinco categorías (*Muy bajo*, ..., *Muy Alto*) se utiliza para asignar un valor a cada *PEU*. La *PEU* que demanda menor cambio social se asigna un valor *Muy Bajo*, mientras la *PEU* con mayor diferencia con las reglas de comportamiento social actual se le asigna un valor *Muy alto* debido a que mayores serán las capacidades que deberán tener los gobernantes para realizar las transformaciones.

2.3. Evaluación de las propuestas

Dentro de los multicriterio elegimos el método PROMETHEE I y II porque requiere al tomador de decisiones solo tenga capacidad para comparar las alternativas de a pares en cada criterio, no supone transitividad en la función de preferencia, tiene un algoritmo simple (replicable en hoja de cálculo), el software es accesible (gratis para fines académicos); la interacción con el tomador de decisiones relativamente simple y la robustez del método es comparable con los otros métodos (Behzadian, Kazemzadeh, Albadvi y Aghdasi, 2010) aunque reconocemos que la



derivación teórica es menos rigurosa que el método de utilidad multiatributo (Barba-Romero, 1987).

Siguiendo el algoritmo descrito por Behzadian et al., (2010), denotamos: a_1 para las PEU, $i = 1, 2, \dots, 5$; y $g_j(a_1)$, se utiliza para identificar el valor de los criterios en unidades de medida original, $j = 1, 2, \dots, 7$.

Multiplicamos por (-1) a aquellos g_j que son minimizados y tratamos todos los criterios, a más mejor (maximización).

Paso 1. $d_j(a_1, a_k) = g_j(a_1) - g_j(a_k)$, $a_k =$ propuesta distinta de a_1 ;

donde d_j representa la diferencia entre la alternativa a_1 y a_k para el criterio $j^{\text{ésimo}}$.

Paso 2. $P_j(a_i, a_k) = F[d_j(a_i, a_k)]$,
 $0 \leq P_j(a_i, a_k) \leq 1$;

donde P_j es la función de preferencia que transforma la diferencia d_j a la escala 0-1, en el criterio $j^{\text{ésimo}}$ de la alternativa a_1 con respecto a la a_k .

Paso 3. $\pi(a_i, a_k) = \sum_j w_j P_j(a_i, a_k)$, $w_j =$
 $\sum_j \frac{w_j}{W} = 1$;

donde $\pi(a_1, a_k)$ es el índice multicriterio que mide cuanto es preferida a considerando todos los criterios, w_j , es el peso o ponderador para las preferencias $P_j(\cdot)$ para el criterio $j^{\text{ésimo}}$.

Paso 4. $\phi+(i) =$, $\phi-(i) =$;

donde, $\phi+(i)$: representa la fortaleza, mide cuanto la alternativa i es preferida comparada contra las otras ($k \neq i$) de pares en todos los criterios, más grande es el valor de $\phi+(i)$ mejor. En contraste, $\phi-(i)$ representa la debilidad, mide cuanto las otras alternativas son preferidas comparadas con la alternativa i . Más chico es el valor de $\phi-(i)$ mejor es la alternativa.

Paso 5. $\phi(i) = \phi+(i) - \phi-(i)$

donde $\phi(i)$ el flujo neto, es la diferencia entre fortalezas y debilidades de cada alternativa. Puede tomar valores positivos o negativos,

más grande es el valor de $\phi(i)$, mejor será la alternativa.

Función de preferencia

La función de preferencia, aplicadas en el Paso 2, son: la función de preferencia Usual (criterio EPI) y Lineal para seis criterios cuantitativos, con los umbrales de indiferencias, $q_j (=10\%)$, y fuerte preferencia, $p_j (=90\%)$, del rango del criterio (ver más detalles Behzadian et al., 2010). Posteriormente, se realiza el análisis de sensibilidad de estos parámetros.

3. Resultados

La evolución histórica de la población urbana y la conversión de tierra rural a urbana fue importante en la ciudad de Río Cuarto. La ciudad pasó de 65.600 a 156.000 hab. entre el año 1965 y 2008 (DGEyC, 2012). En tanto, la conversión de tierras rurales a urbanas ha sido alrededor de 4.500ha en este periodo, pasando del 6% al 15% del área de estudio (49.080ha).

El patrón de urbanización tiene dos características: densificación en el centro, con la construcción de edificios (ver Figura 4) y crecimiento urbano *disperso* en barrios fuera del ejido urbano en el norte (ver Figura 5), oeste y sur de la ciudad. Este fenómeno se ha visto especialmente acelerado en el último periodo que expande los límites de lo urbano con muchos espacios vacíos. Entre el 2005 y 2010, la construcción de propiedades en Río Cuarto fue de 3.796 unidades, con un promedio anual de 633 unidades. Particularmente en el año 2011 se construyeron 400 unidades de propiedad horizontal para locación (Gazzera, 2012)

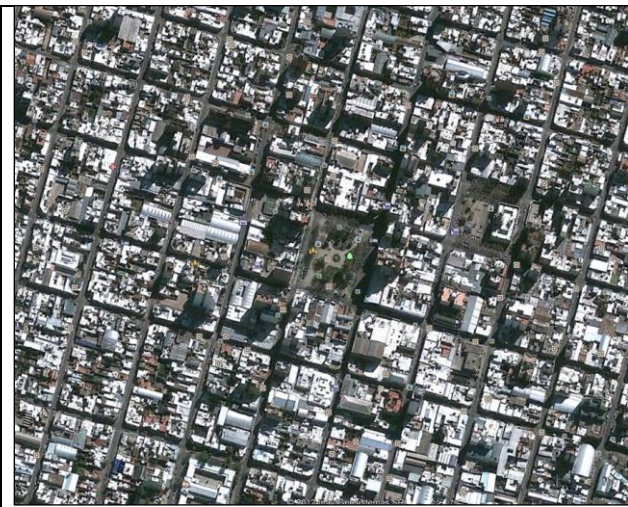


Figura 4. Imagen del centro de la ciudad de Río Cuarto, Córdoba, Argentina



Figura 5. Imagen del Norte de la ciudad Río Cuarto, Córdoba, Argentina

Fuente de las imágenes: Google Earth.

Sin embargo, la alta tasa de edificación en el centro no ha compensado la expansión fuera del ejido urbano. De hecho, la densidad de población se ha reducido levemente en el periodo 2002 a 2008 cambiando la tendencia observada en el periodo previo. La densidad de población aumenta levemente hasta el año 2002, alcanzó los 25habs.ha^{-1} , y se reduce a 22habs.ha^{-1} hacia el año 2008.

Este patrón de crecimiento de la ciudad de Río Cuarto muestra externalidades negativas. Por un lado, los edificios en la zona urbana han tenido marcados problemas: en la construcción daños a otras residencias

(comunicación personal Rubén Davicino), y en la operación: congestión de servicios urbanos (cloacas, agua potable, entre otros servicios). Además, edificios mal localizados reducen la iluminación y ventilación natural en forma permanente (ver Figura 4). Por otro lado, la expansión aleatoria de la ciudad fuera de los límites urbanos (ver Figura 5) dificulta la cobertura de los servicios básicos e incrementa los conflictos socio-ambientales entre productores agropecuarios y residentes urbanos por la incompatibilidad de algunas actividades (p.e. pulverizaciones, malos olores). La prognosis de esta tendencia histórica constituye la *PEU1*.

3.1. Valor de los criterios. Visión 2030

3.1.1. Población, valoración económica y de servicios ecosistémicos

La población proyectada para el año 2030 se usa en las *PEU1* y *PEU2* (201 mil habitantes), mientras que las otras tres *PEU* albergan una población mayor (ver Tabla 4). La *PEU5* alberga más población en el área de menor aptitud ambiental y productiva de las tierras rurales.

La conversión de tierras reduce la renta agraria y se pierden servicios ecosistémicos (ver Tabla 4). La PRA calculada es mayor para la *PEU1* (\$c197MM); mientras la PRA es menor en la *PEU2* (\$41MM) que contabiliza solo la reducción de renta de la zona de amortiguación. El comportamiento del criterio PSE es similar al económico para todas las *PEU*, ya que dependen del área urbanizadas y las diferencias en calidad de tierras entre *PEU* no son significativas dado que el área de las *PEU* no incluye tierras de alto valor ecosistémico (ribera del río y humedales).

3.1.2. Extensión de servicios.

La extensión de las redes de agua potable, gas, cloacas, y otras y las superficies potenciales de desagües pluviales, se sintetiza en el Ratio-SU (ver TABLA 1). Se puede apreciar que la *PEU2* es la que requiere menos extensión de redes, seguida



por las *PEU4*, *3*, *5* y *1* respectivamente. De hecho, la *PEU1* requiere más del doble de extensión de redes que la *PEU2*.

Tabla 1. Extensión de servicios urbanos en la ciudad de Río Cuarto, año 2030

	Indicador: 100% Cobertura				
	Agua Potable (m)	Cloacas (m)	Gas natural (m)	Desagüe pluvial (ha)	Ratio-SU
PEU1 <i>Tendencial</i>	106.000 (2,3)	111.000 (2,1)	144.000 (1,6)	5.270 (2,2)	2,05
PEU2. Ecociudad	47.000 (1,0)	52.500 (1,0)	87.500 (1,0)	2.433 (1,0)	1,00
PEU3. Norte	72.000 (1,5)	76.500 (1,5)	113.500 (1,3)	3.618 (1,5)	1,44
PEU4. Oeste	64.500 (1,4)	69.000 (1,3)	102.500 (1,2)	3.331 (1,4)	1,31
PEU5. Sur	88.000 (1,9)	93.500 (1,8)	128.500 (1,5)	4.332 (1,8)	1,73

Nota: entre paréntesis se presenta la ratio *PEU_i* / *PEU2* y el Ratio-SU (servicios urbanos) es el promedio aritmético de los cuatros ratios: agua potable, cloacas, gas natural, y desagüe pluvial.

3.1.3. Infraestructura vial

La distancia estimada para la nueva infraestructura vial en cada *PEU* se muestra en la Tabla 2. La *PEU4* aparece como la mejor alternativa ya que aprovecha el trazo de la infraestructura actualmente disponible, colectoras de la ruta nacional N° 36, y la nueva autovía Córdoba–Río Cuarto. En contraste, la peor situación en términos de costos de la infraestructura vial a construir es la *PEU5*, seguida por la *PEU1*.

Tabla 2. Gastos de construcción de la infraestructura vial por propuesta, año 2030

	Red vial (m)	Inversión en la red. Vial (\$ millones)
PEU1 <i>Tendencial</i>	72.921	293
PEU2. Ecociudad	52.037	250*
PEU3. Norte	66.340	266
PEU4. Oeste	58.329	234
PEU5. Sur	76.835	308

Nota: * 20% de la inversión para el cambio de jerarquía de la infraestructura de movilidad urbana.

3.1.4. Residuos sólidos domiciliarios (RSD).

El aprovechamiento RSD orgánicos en el sitio reduce significativamente las necesidades de recolección: 16% *PEU4* y 37% *PEU2* de los RSD generados, dependiendo del tamaño de población y del patrón de urbanización (TABLA 3). Las principales implicancias serían: a) menores gastos públicos de transporte y disposición final de los RSD, b) menores emisiones de gases efectos invernadero por ahorro de transporte y consumo de energía fósil de los RSD, y c) el aprovechamiento *in situ* de compost reduciría los gastos y consumo de energía en la fertilización de parques, jardines y huertas.

Tabla 3. Residuos sólidos domiciliarios de Río Cuarto por propuesta, visión 2030

	RSD generados Ton/año	RSD recolectados Ton/año	RSD aprovechados in situ (*)	
			Ton/año	% de generados
PEU1 <i>Tendencial</i>	77.046	77.046	-	0%
PEU2. Ecociudad	77.046	48.744	28.301	37%
PEU3. Norte	89.273	71.561	17.712	20%
PEU4. Oeste	82.123	68.701	13.422	16%
PEU5. Sur	107.607	78.895	28.713	27%

Fuente: Elaboración propia utilizando los parámetros sobre cantidad de RSD y composición informado por Delgado *et al.*, (2011).

Nota: RSD = Residuos sólidos domiciliarios. (*) La población en la *PEU1* se comporta similar al actual no aprovecha los RSD. En los en las *PEU2*, *3*, *4* y *5* aprovechan *in situ* el 60% de los RSD generados por la población adicional a la actual. En la *PEU2* la población equivalente a la actual aprovecha *in situ* el 30% de los RSD generados.

3.1.5. Esfuerzo político institucional (EPI)

El valor del EPI asignado a cada *PEU* se muestra en la TABLA 4. La *PEU1* con un valor de EPI *muy bajo*, supera a todas las otras alternativas porque *no* demanda cambios en el comportamiento social. En contraste, se ha asignado un valor *muy alto* al EPI de la *PEU2* debido a que demanda una profunda transformación para alcanzar los



compromisos de *Ecociudad*. En la *PEU2*, el gobierno local, provincial y nacional deberían comprometerse a: a) organizar el Estado para fiscalizar y controlar la no expansión de los límites urbanos actuales, b) desarrollar la infraestructura de rutas y servicios públicos previo a la localización de población en los espacios vacíos y controlar la densificación del centro, c) gestionar la urbanización, residuos y movilidad urbana en forma muy diferente a la actual. En tanto se asignó un

valor de EPI *intermedio* a las *PEU3* y *PEU4*. El EPI en estas propuestas representa la expansión urbana compacta en la ciudad y una estructura similar a la *Ecociudad* en las nuevas áreas urbanizadas. Finalmente, se asignó un valor *alto* de EPI a la *PEU5*, ya que además del esfuerzo asignado a las *PEU3* y *4* incorpora un 20% de población adicional a la proyectada para el 2030, demanda más fuentes de trabajo y esfuerzo de integración a la vida social y cultural de la ciudad.

Tabla 4. Matriz de decisión: Propuestas de expansión urbana, año 2030

	Pérdida de renta agraria (\$c MM)	Población (habs.)	PSE (índice)	Costo vial (\$c MM)	RRSD (ton/año)	Ratio SU	Esfuerzo político institucional
PEU1	197	201.032	50.260	293	77.046	2,05	Muy bajo
PEU2	41	201.032	-	250	48.744	1,00	Muy alto
PEU3	106	232.936	11.850	266	71.561	1,44	Intermedio
PEU4	88	214.281	8.980	234	68.701	1,31	Intermedio
PEU5	140	280.776	19.210	308	78.895	1,73	Alto
Pesos	1	1	1	1	1	1	1
Objetivo	Min	Max	Min	Min	Min	Min	Min
Tipo de preferencia	V. Lineal	V. Lineal	V. Lineal	V. Lineal	V. Lineal	V. Lineal	I. Usual
Umbral q_j	16	7.974	5.026	7,4	3.015	0.11	0
Umbral p_j	140	71.770	45.234	66,6	27.136	0.95	1

Nota: PSE= pérdida de servicios ecosistémicos, Ratio SU =(servicios urbanos): Extensión de redes: Agua potable, cloacas, Gas natural, y Desagüe pluviales. RRSD=recolección de residuos sólidos domiciliarios.

3.2. Evaluación de las Propuestas de Expansión Urbana

En la matriz de decisión, se pueden apreciar todas las *PEU* y el valor de los criterios, en las primeras cinco filas de la Tabla 4, en tanto en las filas 6 a 10 se muestra las preferencias y los pesos asumidos para cada criterio inicialmente. 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.

3.2.1. Propuestas ordenadas asignando igual peso a cada criterio

En el Tabla 5, se ordenan las *PEU* de acuerdo a sus fortalezas y debilidades considerando los valores iniciales de preferencias y los umbrales q_j y p_j e igual peso en los ponderadores. Se puede apreciar que existe algún nivel de incomparabilidad en las *PEU*. La *PEU2* resulta con mayores fortalezas y le siguen las *PEU4* y *5* respectivamente. Sin embargo, cuando observamos las debilidades cambian el orden en el primer puesto. En el ranking aparece primera y segunda *PEU4* y *PEU3* respectivamente. En tanto, *PEU2*, *PEU5* y *PEU1* ocupan la tercera, cuarta y quinta



posición. En tanto, el resultado neto que contempla ambas fortalezas y debilidades la *PEU2* supera a la *PEU4* aunque es importante reconocer que son, en alguna medida, incomparables. Bajo los supuestos establecidos de preferencia, el orden de jerarquía: la *PEU2* y *4* estarían entre las propuestas mejores en el ranking general y la *PEU1* definitivamente la peor. Este orden es relativamente estable modificando los umbrales q_j y p_j al 30% y 70% del rango de cada criterio respectivamente, aunque la *PEU4* mejora la performance con respecto a la *PEU2*.

Tabla 5. Orden de las propuestas con igual ponderación de los criterios

	Fortalezas		Debilidades		Neto	
	$\phi+$	Orden	$\phi-$	Orden	ϕ	Orden
PEU1	0,15	5to	0,47	5to	-0,33	5to
PEU2	0,41	1ro	0,20	3ro	0,21	1ro
PEU3	0,23	3ro	0,14	2do	0,09	3ro
PEU4	0,30	2do	0,12	1ro	0,18	2do
PEU5	0,21	4to	0,36	4to	-0,15	4to

Fuente: elaboración propia con igual peso en los ponderadores.

3.2.2. Propuestas de ordenamiento: Ponderadores con diferentes pesos

Suponemos dos situaciones contrastantes para evaluar el grado de libertad del decisor. En primer lugar, suponemos que el gobierno mantiene el peso asignado al criterio *población*: duplica los pesos asignados a los criterios: *PRA*, *PSE*, *la inversión en infraestructura vial*, *la recolección de RSD* y *la ratio-SU*; y elimina el criterio *EPI*. Bajo estos supuestos, la *PEU2* es primera en el raking con más fortalezas y menos debilidades. Al ignorar el *EPI* la *PEU2* reduce su principal debilidad. En tanto, la *PEU1* se muestra en la última posición.

En el segundo caso, supongamos que el gobierno está más interesado en albergar a más *población*, y reducir el *EPI* y también considera que no hay restricciones de tierras

agrarias. Por lo tanto, considera que *PRA* y *PSE* no deben considerarse (asignar 0 a la ponderación), y duplicar las ponderaciones de población y el *EPI*. Las *PEU5* y *PEU4* aparecen en el primer y segundo lugar en fortalezas, mientras la *PEU3* y *PEU4* presenta menores debilidades. Si bien existe incomparabilidad, el neto aparece la *PEU4* como la mejor, mientras que la *PEU2* queda en la peor posición. De todos modos, la incomparabilidad pone de manifiesto la necesidad de interactuar con el tomador de decisiones. Este hallazgo pone de manifiesto la flexibilidad del método, y más importante aún la diferenciación de rol profesional para sistematizar la información y del gobierno para establecer las preferencias sociales.

Otro hallazgo interesante surge del análisis de sensibilidad del criterio *EPI*. La *PEU2* tiene menos debilidades que la *PEU4* si el criterio de *EPI* es ignorado o con un ponderador muy bajo (menor al 1% del total de pesos asignados). En contraste, si el *EPI* se le asigna una ponderación alta la *PEU4* tiene menores debilidades. Definitivamente, el sistema de preferencias y la ponderación de los criterios asumidos tienen implicancias en el ordenamiento de las *PEU* y por lo tanto demanda de una interacción con los tomadores de decisiones para establecerlos.

Aunque la *PEU1* constituye una de las peores alternativas de expansión urbana con las preferencias usadas se reconoce que la inercia histórica tiene su peso a la hora de la toma de decisiones. A continuación, exploramos cómo se comporta esta alternativa ante escenarios de cambio en preferencias y en los parámetros de los criterios.

3.3. Propuestas compactas versus tendencia

La *PEU1* tiene como ventaja con respecto a las *PEU2*, *3*, *4* y *5* en primer lugar menor *EPI* y por otro lado no necesita explicitarse. Ahora bien, ¿cuánto debería aumentar la ponderación del *EPI* para que la *PEU1* compita en el primer puesto con las otras



propuestas? El peso de EPI debería ser del 65% de la ponderación y 35% restante para al resto de los criterios para que la *PEU1* se posicione en el primer puesto del ranking con mayores fortalezas y menores debilidades, suponiendo la cobertura espacial de todos los servicios urbanos.

Otra pregunta de interés, considerando la forma tradicional de expansión urbana, ¿cuánto se debe sacrificar la cobertura de servicios público: ratio-SU, Recolección de RSD e infraestructura vial para que la *PEU1* entre en los primeros puestos del ranking? Si se reduce simultáneamente el 50% de la cobertura de los tres criterios la *PEU1* aparece como la alternativa de mayor flujo neto.

Este hallazgo pone en evidencia en que circunstancia la tendencia histórica se posiciona mejor antes las *PEU* compactas. De hecho, si no existen compromisos para dar cobertura espacial de los servicios públicos a futuro y la prioridad para mantener el *status quo* es alta, probablemente la *PEU1* sea la opción más favorecida porque además no necesita explicitarse: *actuemos como de costumbre*. En contraste, si existe un compromiso para garantizar los servicios públicos y la transformación del comportamiento social se asumen como parte del proyecto político las *PEU* compactas aparecen son mejores. Consecuentemente, menores serán las zonas de contacto rural urbano y los conflictos.

4. Conclusión

En este trabajo se desarrolló un modelo conceptual y empírico de cinco *PEU*, utilizando un SIG y el método PROMETHEE para evaluar alternativas de conversión de tierras rurales a urbanas con una visión de largo plazo (año 2030). El diseño de las propuestas para la ciudad de Río Cuarto incluye: *PEU1-Tendencial*, *PEU2-Ecociudad*, y tres alternativas de expansión urbana compactas *PEU3*, 4 y 5, (norte, oeste y sur). En el diseño y análisis de las propuestas se incluyen las tres dimensiones del desarrollo sostenible mediante siete criterios: *Población*;

la *PRA*; la *PSE*; la *extensión de los servicios públicos (ratio-SU)*; la *inversión en la infraestructura vial*; el *volumen de recolección de RSD* y el *EPI*.

Entre los hallazgos más importante se destaca la sistematización de la información y detección del fenómeno de expansión urbana *dispersa*, en una ciudad intermedia como Río Cuarto con varias externalidades negativas. En el centro de la ciudad, daños a las residencias durante las construcciones de edificios y en la operación de los mismos privación de iluminación y ventilación natural a las residencias. Afuera del ejido urbano, los barrios residenciales aislados causan mayores costos en la provisión de los servicios públicos, y mayores riesgos de accidentes de tránsito para acceder a la ciudad (cruces de rutas nacionales).

Consecuentemente, en la proyección al futuro la *PEU1-Tendencial* muestra la peor performance económica, social y ambiental en varias situaciones, por ejemplo, igual ponderación de los criterios. En contraste, La *PEU2.Ecociudad* muestra muy buena performance económica, ambiental y social aunque requiere de una gran voluntad política institucional para transformar la tendencia histórica. Comparada con *PEU1-Tendencial*, la *PEU2-Ecociudad* requiere: menos del 50% de esfuerzo para construir las redes de agua potable, de gas, de cloaca y de desagües pluviales, y menos del 70% del volumen de recolección de RSD. Además, la *PEU2* no tiene PSE adicionales y no amplía la zona de contacto rural urbana, reduciendo los conflictos socio ambientales.

Sin embargo, la *Ecociudad* demanda un *EPI* mayor que las *PEU3*, 4 y 5 y mucho mayor que la *Tendencial* para cambiar el comportamiento social. La *PEU2* necesita un plan de ordenamiento y un rol diferente del gobierno para crear capacidades en el Estado local. Las nuevas capacidades en el Estado son para: urbanizar los espacios vacíos de la ciudad (actualmente en especulación por la apropiación privada de la plusvalía); construir la infraestructura vial y equipamientos urbanos con criterios diferentes a los



actuales; e inducir y fiscalizar un comportamiento más sostenible de la población (gestión de residuos, movilidad urbana entre otros comportamientos).

Entre *PEU1* y *PEU2* se bosquejan tres *PEU* que permiten situaciones de compromiso para algunos indicadores, pero que mejora en términos de albergar a más población, que pueden constituir una situación ventajosa para un esquema de distribución más equilibrada del poblamiento, tanto en la provincia como en la nación. No obstante, se reconoce la necesidad de esfuerzos adicionales al de urbanización para generar empleo, que permita atraer genuinamente a más población.

En segundo lugar, se muestra como identificar las *PEU* y valorar los criterios a partir de información dispersa. Siete criterios son derivados del concepto de desarrollo sostenible. Anticiparnos a analizar, discutir y seleccionar la visión con la información sistematizada sobre el patrón de urbanización ayuda a establecer una decisión estructural que puede minimizar: los conflictos y la conversión de tierras rurales a urbanas y dar las bases para analizar otras decisiones estructurales como la localización de la zona industrial, las zonas de amortiguación, y las formas de agricultura urbana o periurbana compatibles o complementarias con el hábitat humano.

En tercer lugar, se generó un criterio cualitativo desagregado de la dimensión social, *EPI*. Si bien la cuestión política institucional ha sido considerada un aspecto importante en el ordenamiento territorial, operativamente no hemos encontrado un indicador que ayude al gobierno a representar el cambio institucional implícito en las propuestas. Creemos que este criterio constituye un avance inicial en ese sentido.

En cuarto lugar, el método *PROMETHEE* fue apropiado para evaluar y ordenar las *PEU*, como así también, mostrar los grados de libertad e importancia de los tomadores de decisiones. Con el análisis de sensibilidad se puso en evidencia que minimizando el *EPI* y la cobertura de los servicios públicos la

PEU1-tendencial compite favorablemente con las otras *PEU*. Sin embargo, en esta situación la ciudad tiene un pobre resultado ambiental, económico y social en el largo plazo. En síntesis, la propuesta metodológica ayuda a agregar valor a la información disponible (*AVID*), y ayuda a deliberar sobre la construcción de un futuro más sostenible.

Aunque los resultados son consistentes previo su extrapolación debe considerarse algunas debilidades del artículo. Es importante aclarar que la visión 2030 debe completarse y complementarse. La visión debe incluir otras decisiones estructurales además de la expansión urbana (localización del área industrial, zona de amortiguación, periurbana, paisaje). El plan debe contener la estrategia y actuaciones para alcanzar la visión. Ésta constituye el inicio de un proceso de planificación. Los patrones de urbanización considerados fueron solo dos, el primero asume un patrón similar al histórico y el segundo fue tomado de la bibliografía sin ajustes para su desarrollo a nivel local. Existen otros patrones compactos, por ejemplo, la ciudad inteligente, controlando la dispersión y fragmentación del espacio (ver más detalles Burchell y Mukherji, 2003). En segundo lugar, reconocemos la diferencia entre el rol técnico y político en el método utilizado. Sin embargo, en este trabajo no hemos interactuado con los tomadores de decisiones. Ellos pueden sugerir otros *PEU* u otros criterios que deben ser tenidos en cuenta. Estas limitaciones deben ser consideradas en la agenda futura de investigación. A pesar de las limitaciones marcadas los resultados invitan a aprender del pasado y perfeccionar las opciones para una acción más efectiva en el futuro.

REFERENCIAS

- Angel, S., Parent, J., Civco, D. L., Blei, A., y Potere, D., 2011. The dimensions of global urban expansion: Estimates and projections for all countries, 2000–2050. *Progress in Planning* 75: 53-107.
- Barba-Romero, S., 1987. Panorámica actual de la decisión multicriterio discreta. *Investigaciones Económicas* 11: 279-308.



- 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.
- Blassingame, L., 1998. Sustainable cities: Oxymoron, utopia, or inevitability? *The Social Science Journal* 35: 1-13.
- Brans, J.-P., y Mareschal, B., 2005. Promethee methods, en J. Figueira, S. Greco y M. Ehrgott, (eds.) *Multiple criteria decision analysis: State of the art surveys* Vol. 78, pp. 163-195. Kluwer Academic Publishers.
- 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.
- Buchanan, J., Sheppard, P., y Vanderpoorten, D., 1998. Ranking projects using the ELECTRE method. pp. 42-51, *Operational Research Society of New Zealand, Proceedings of the 33rd Annual Conference*.
- Cantero G., A., Bricchi, E., Becerra, V. H., Cisneros, J. M., y Gil, H., 1986. Descripción y zonificación de las tierras del departamento Río Cuarto. 1 carta 1:250.000. FAV-UNRC.
- Carruthers, J. I. y Ulfarsson, G. F., 2003a. Does Smart Growth Matter to Public Finance? Department of Housing and Urban Development.
- Carruthers, J. I. y Ulfarsson, G. F., 2003b. Urban sprawl and the cost of public services. *Environment and Planning B: Planning and Design* 30: 503-522.
- 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.
- 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.
- DGEyC, 2012. Censo Provincial de Población 2008. Serie resultados a nivel Municipal y Comunal, Municipio de Río Cuarto. Dirección General de Estadísticas y Censos, Gobierno de la provincia de Córdoba, Córdoba, Argentina.
- EEA, 2006. Urban sprawl in Europe. The ignored challenge. European Environment Agency, 1050 Copenhagen K.
- ESRI., 1999. ArcView GIS 3.2. Software.
- Ewing, R., Meakins, G., Hamidi, S., y Nelson, A. C., 2014. Relationship between urban sprawl and physical activity, obesity, and morbidity – Update and refinement. *Health & Place* 26: 118-126.
- 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.
- Gaffron, P., Huismans, G., y Skala, F., eds, 2008. Proyecto Ecocity. Manual para el diseño de ecociudades en Europa. Libro I La ecociudad: Un lugar mejor para vivir., pp. 1-137, Santa María, 1-1.º • 48005 Bilbao, España.
- Gazzera, M. M., 2012. Análisis multicriterio para la adquisición de un departamento en Río Cuarto, Córdoba, Argentina. Trabajo Final de Grado, Universidad Nacional de Río Cuarto, Río Cuarto, Argentina.
- Gil, H. A., 2010. Efecto de gravar la renta de la tierra agraria para la Provincia de Córdoba y el Estado Nacional. AAEA, en XLI Reunión Anual de la AAEA, XLI Reunión Anual de la AAEA, y Primer encuentro nacional de Economía Agraria y Extensión Rural. Potrero de los Funes, San Luis, Argentina.
- Gómez Orea, D. 2008. Ordenación Territorial, 2ª/Ed. Madrid, España: Mundi-Prensa S.A.
- IGM, 1968. Carta Topográfica Río Cuarto, hoja 3363-19-1 y Santa Catalina, hoja 3363-19-3. Escala 1:50.000.
- Jarsún, B., Gorgas, J. A., Zamora, E., Bosnero, E., Lovera, E., Ravelo, A., y Tassile, J. L., 2003. Recursos Naturales de la provincia de Córdoba: Los suelos. Córdoba: Agencia Córdoba D.A.C. y T.S.E.M Dirección de Ambiente, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Manfredi.
- Lopez, R., 2004. Urban sprawl and risk for being overweight or obese. *American Journal of Public Health* 94: 1574-1579.
- Maldonado, G., y Campanella, O., 2004. Evolución de la mancha urbana de la ciudad de Río Cuarto, Córdoba, Argentina. mediante la aplicación de tecnología de sensoramiento remoto y sistemas de información geográfica. 6º Encuentro Internacional Humboldt. Centro de Estudios Humboldt. Villa Carlos Paz. Argentina.
- Matteucci, S., y Morello, J., 2009. Environmental consequences of exurban expansion in an agricultural area: the case of the Argentinian Pampas ecoregion. *Urban Ecosystems* 12: 287-310.
- Matus, C., 2008., El lider sin estado mayor. Buenos Aires, Argentina: Universidad Nacional de la Matanza.
- McElfish, J. M., 2007. Ten things wrong with sprawl. Environmental Law Institute, Washington, D.C.
- Morello, J., Buzai, G. D., Baxendale, C. A., Matteucci, S. D., Rodríguez, A. F., Godagnone, R. E., y Casas, R., 2000. Urbanización y consumo de tierra fértil. *Revista de Divulgación y Tecnológica de la Asociación Ciencia Hoy* 10.



MRC, 2012. Cartografía Digital. Secretarías de Desarrollo Urbano, Obras Públicas y Vialidad. Municipalidad de Río Cuarto.

Nakama, V. y Sobral, R., 1987. Índice de productividad. Método paramétrico de evaluación de tierras. Secretaría de Agricultura Ganadería y Pesca. Proyecto PNUD Arg. 85/09. .

Norese, M. F., 2006. ELECTRE III as a support for participatory decision-making on the localisation of waste-treatment plants. *Land Use Policy* 23: 76-85.

Romero, C., 1996. "Análisis de las decisiones multicriterio," 4/Ed. Madrid, España: Isdefe.

Roy, B. y Hugonnard, J. C., 1982. Ranking of suburban line extension projects on the Paris metro system by a multicriteria method. *Transportation Research Part A: General* 16: 301-312.

Simon, H. A., 1955. A Behavioral Model of Rational Choice. *The Quarterly Journal of Economics* 69: 99-118.

United Nations, 2014. World Urbanization Prospects: The 2014 Revision, CD-ROM Edition. Vol. 2016. Department of Economic and Social Affairs, Population Division (2014). .

Weisstein, E. W., s.f. Convex Hull. From MathWorld. A Wolfram Web Resource.

<http://mathworld.wolfram.com/ConvexHull.html>.