

Asociación Argentina de Economía Agraria
XLVII Reunión anual AAEA – Mar del Plata

**ANÁLISIS MULTICRITERIO Y SELECCIÓN INTERACTIVA DE
PROPUESTAS DE GESTIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS
URBANO, SANTA EUFEMIA, CÓRDOBA, ARGENTINA. ¹**

AGOSTO 2016

CAHE, EMILIANO J. ²

DE PRADA, JORGE D. ³

Título: Análisis multicriterio y selección interactiva de propuestas de gestión de residuos sólidos urbano, Santa Eufemia, Córdoba, Argentina.

1 Proyecto trabajo de final de grado. FAV-UNRC. Cofinanciado por: i) Convenio Específico de Cooperación entre la Municipalidad de Santa Eufemia y la Universidad Nacional de Río Cuarto. “Ordenamiento del territorio: urbanización y localización de un distrito industrial sobre tierras rurales en Santa Eufemia”, y ii) Programa "Ordenamiento territorial en áreas rurales y periurbana de Córdoba."; SECYT, UNRC.

2 Estudiante de Grado. Ingeniería Agronómica. Facultad de Agronomía y Veterinaria, Universidad Nacional de Río Cuarto, emiliano_cahe@hotmail.com

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

Resumen: El objetivo de este artículo es mostrar un método multicriterio interactivo para evaluar propuestas de gestión de residuos sólidos urbanos en Santa Eufemia, Córdoba, Argentina. Cinco alternativas: *PGRSU1_Tendencial*; *PGRSU2_SinHo*; *PGRSU3_Ecogestión*; *PGRSU4_Ecogestión con destinos mixtos*; *PGRSU_5*, fueron diseñadas y valoradas con siete criterios: *Inversiones (\$)*; *Costo Económico Municipal*; *Emisiones GEI (Tn CO₂ eq año⁻¹)*; cualitativos: *Fragmentación del Paisaje y Visuales*; *Riesgo por Afecciones a la Salud de la Población*; *Involucramiento Social*; *Esfuerzo Político Institucional*. Se utilizó el método PROMETHEE para elegir la propuesta, y las preferencias fueron relevadas en talleres con el gobierno y los actores locales. Los resultados muestran conflictos entre propuestas. *PGRSU_1* es la mejor alternativa en inversiones y la peor es *PGRSU_5* (\$ 2.135.000 versus \$ 5.585.000). *PGRSU_3* tiene el menor costo económico municipal (\$2.687.699). En *esfuerzo político institucional* la mejor es *PGRSU_1* y peor es *PGRSU_3*; situación inversa para el criterio *involucramiento social*. En cuanto a *Emisiones de GEI* la mejor alternativa es *PGRSU_3* y peor es la *PGRSU_4* (2.792 versus 6.329 Tn CO₂ eq año⁻¹). Los decisores consideran importante los siete criterios, asignando mayor preferencias al criterio *involucramiento social* ($\mu=9,4$ y $\sigma=0,88$) y menor a *costo económico municipal* ($\mu=6,3$ y $\sigma=3,00$). La alternativa seleccionada es *PGRSU3_Ecogestión*.

Palabras claves: Análisis multicriterio; (PGRSU); preferencias relevadas; residuos sólidos urbanos (RSU); Emisiones GEI.

Clasificación temática: 2.4. (Proyecto de inversión) 7.2. (Programación matemática)

Title: Multi-criteria analysis and interactive selection of proposals for urban solid waste management, Santa Eufemia, Córdoba, Argentina.

Abstract:

The objective of this article is to show an interactive multi-criteria method for evaluating proposals for management of urban solid waste in Santa Eufemia, Córdoba, Argentina. Five alternatives: *PGRSU1_tendencial*; *PGRSU2_SinHo*; *PGRSU3_Ecomanagement*; *PGRSU4_Ecomanagement with mixed destinations*; *PGRSU_5* were designed and evaluated seven criteria: *Investments (\$)*; *Municipal Economic Cost (\$/year)*; *GHG emissions (tons CO₂ eq yr⁻¹)*; *Qualitative: Fragmentation of Landscape and Visual*; *Affections risk to the Population Health*; *Social involvement*; *Institutional Political effort*. The PROMETHEE method was used to choose the proposal, and preferences were surveyed in workshops with government and local actors. The results show conflicts between proposals. *PGRSU_1* is the best alternative investment and the worst is *PGRSU_5* (\$ 2,135,000 versus \$ 5,585,000). *PGRSU_3* has the lowest economic cost city (\$ 2,687,699). Institutional political effort is *PGRSU_1* the best and worst is *PGRSU_3*; reverse situation for the criterion social involvement. As for GHG emissions is the best alternative *PGRSU_3* and worse the *PGRSU_4* (2,792 versus 6,329 tons CO₂ eq yr⁻¹). Decision makers consider important the seven criteria, giving higher preference to social involvement and criterion ($\mu = 9.4$ and $\sigma = 0.88$) lower at the municipal economic cost ($\mu = 6.3$ and $\sigma = 3.00$). The selected alternative is *PGRSU3_Ecomanagement*

Keywords: multicriterio analysis; (PGRSU); surveyed preferences; municipal solid waste (MSW); GHG emissions.

Subject classification: 2.4. (Investment project) 7.2. (Mathematical Programming)

Análisis multicriterio y selección interactiva de propuestas de gestión de residuos sólidos urbanos, Santa Eufemia, Córdoba, Argentina.

1. Introducción

La urbanización va acompañada de una mayor generación de residuos sólidos urbanos (RSU) e incremento de conflictos ambientales. La disposición de RSU junto con el tratamiento de aguas residuales contribuyen con 17% de emisiones de metano (CH₄) y la quema a cielo abierto, con 2% de emisiones de carbono negro, a nivel mundial (BID, 2014). En América Latina y el Caribe, cada habitante genera un promedio de 0,93 kg/día. En tanto, en Argentina, se estima que cada habitante produce entre 0,91 y 0,95 kg de RSU por día (ENGIRSU, 2009), alcanzando un total aproximado de 35.325.000 ton/año. Considerando sólo la tendencia actual del crecimiento poblacional y su relación directa con la producción de residuos, puede estimarse que para el 2025 habrá un incremento de un 29% en la generación de RSU.

En Argentina, el incremento en la cantidad de RSU agudizará los problemas ambientales y posiblemente los jurídicos institucionales. Los municipios son los órganos responsables de la gestión (FAyRN, 2010). De acuerdo con la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable, el manejo de los residuos se reduce a la realización de la recolección domiciliar e higiene urbana y a la disposición final de los RSU en muchos casos en Basurales a Cielo Abierto (BCA), con escasos controles ambientales y los consiguientes riesgos derivados para la salud y ambiente (ENGIRSU, 2009). Particularmente, en la provincia de Córdoba, solo el 7 % de los 422 municipios cuenta con tratamiento de los residuos; el 93% restante realiza tratamientos deficitarios (Delgadino et al., 2011) y mayoritariamente la deposición final de los RSU es en BCA con incineración a pesar que el marco jurídico legal lo prohíbe (Ley N° 9.088/03 de la provincia de Córdoba).

Esto obligará a los gobiernos municipales a concebir los residuos de forma diferente. Entendidos los residuos como, “material/es o producto/es cuyo propietario o poseedor desecha y que se encuentra en estado sólido o semisólido, o es un líquido o gas contenido en recipientes o depósitos, y que puede ser susceptible de ser valorizado o requiere sujetarse a tratamiento o disposición final” (LPGGIR., 2013), una vez aplicados las 3R (Reusar; Reciclar; Reducir) (BID, 2014). De hecho, los residuos son considerados materia prima con valor comercial que puede reincorporarse a la cadena productiva y generar nuevos productos, fuentes de empleo y renta a varios sectores de la sociedad (Schuldt, 2009; Sztern and Pravia, 1999a).

Por ello, los municipios deben planificar todas las etapas del proceso de gestión de los RSU. Las etapas de la gestión de los RSU son: I) la generación residuos en el hogar (3R's y consumo sostenible (Delgado, 2013)); II) recolección y transporte; III) limpieza (barrido, mantenimiento de espacios verdes, ..); IV) tratamiento y valoración (3R's) ; hasta V) disposición final de residuos no aprovechables (Szantó Narea, 1996, 1998). La incorporación al municipio de nueva modalidad de gestión de los residuos representará una fuerte demanda económica y financiera.

Según Szantó (1996), la recolección y transporte implica el 60% de los costos de operación del servicio. En el futuro, incorporando las exigencias legales y la deposición controlada probablemente incrementará el presupuesto municipal, particularmente en los municipios de escala pequeña a mediana debido a la menor posibilidad de desarrollar la comercialización de una fracción de residuos y la necesidad de saneamiento de los sitios de los BCA.

Existen diferentes ramas de estudios vinculadas a la gestión de residuos. Una de las ramas ha puesto de manifiesto los problemas ambientales que estos causan (BID, 2014; Elias, 2012). Otra de las ramas ha puesto énfasis sobre el manejo técnico - operativo de residuos sólidos urbanos (Delgadino et al., 2011; ENGIRSU, 2009). Otra rama ha puesto énfasis en el aprovechamiento de residuos: compostaje (Sztern and Pravia, 1999b), generación de energía (Elias, 2012). Existen menos trabajos que abordan el diseño junto a la valoración ambiental, económica y social de los sistemas de gestión RSU con involucramiento de los actores sociales (ver detalles en Soltani et al., 2015) Particularmente, en Argentina no hemos encontrado trabajos en esta última línea de investigación.

Para cerrar esta brecha de conocimiento desarrollamos un modelo multicriterio en forma interactiva con los actores interesados.

Los métodos multicriterios discretos (e.g. ELECTRE, PROMEHEE) permiten clasificar, ordenar y elegir alternativas competitivas mediante comparación de a dos y diferenciar roles entre profesionales y tomadores de decisiones. Por ejemplo, el método PROMETHEE (Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluations) I y II, ranking parciales y completos respectivamente introducido por Brans en 1982, y en 1986 por Brans y Marescha (2005) permite evaluar y ordenar de mejor a peor las alternativas técnicas por su propio mérito comparándolas en forma relativa con las otras.

El objetivo del presente trabajo es ayudar a seleccionar la propuesta de gestión de RSU interactuando con los involucrados por el gobierno municipal (la intendencia; integrantes del concejo deliberante y otras instituciones locales). La aplicación se realiza en la localidad de Santa Eufemia, usando el usando un modelo multicriterio discreto PROMETHEE.

Las contribuciones del trabajo son tres principalmente. En primer lugar, se diseñan y valoran cinco propuestas de gestión RSU con siete criterios derivados del paradigma del desarrollo sostenible. Particularmente los criterios económicos muestran con bastante crudeza el déficit presupuestario y necesidad de financiamiento de este servicio público. En segundo lugar, desarrolla un criterio cualitativo de la dimensión social, muy pertinente y de fácil comprensión para este tipo de trabajo. Finalmente, relevamos la ponderación de los criterios directamente de los actores sociales involucrados; consecuentemente, este trabajo aporta datos primarios sobre la relevancia social de este problema en sus diferentes dimensiones.

Las propuestas son diseñadas a nivel de perfil de proyecto, con datos inmediatos disponibles, fuentes bibliográficas consultadas y con diferentes precisiones. El sistema de gestión se refiere los RSU generales que abarcan alrededor de 95% del total de residuos.

2. Materiales y métodos

2.1. Área de estudio

Este trabajo se llevó a cabo en la localidad de Santa Eufemia (33° 11' 30'' S; 63° 17' 30'' W). La misma está situada en el centro-sur de Córdoba, a 28 km de la ciudad de la Carlota, por la ruta provincial 4, quedando emplazada entre la localidad antes mencionada y 80 km al sur de la ciudad de Villa María. Se encuentra dentro del departamento Juárez Celman, en donde la actividad económica y, principal promotora del desarrollo regional, es la actividad agropecuaria y agroindustrial, al igual que los demás departamentos lindantes.

2.2. Población

Para estimar la evolución de la población se utiliza el modelo geométrico, cuya representación numérica se muestra a continuación:

$$N_f = N_i (1 + r)^t$$

donde la variable N , representa la población medida en número de habitantes, t , el tiempo medido en años (período entre el año f : final e i : inicial), y r la tasa de crecimiento anual poblacional. Para calcular su predicción futura, se utiliza la tasa de crecimiento en la siguiente expresión:

2.3. Producción de residuos sólidos urbanos

La PRSU se calculó considerando la frecuencia anual de recolección por el peso de los RSU recolectados por el camión municipal. La frecuencia de recolección anual estimada 312, (tres días por semana con dos recolecciones por día); y la tara del camión recolector lleno (11800kg); en vacío (8800kg), realizada en enero de 2016.

2.4. Propuestas de Gestión de Residuos Sólidos Urbanos (PGRSU).

Se diseñaron y analizaron cinco propuestas técnicas-operativas de gestión de residuos sólidos urbanos. Las mismas contemplan todas las etapas del ciclo productivo de los RSU (generación; transporte y recolección; limpieza; tratamiento y valoración; y disposición final), pero con diferentes modalidades de manejo en cada una. Se consideraron para la elaboración, distintos volúmenes (kg/año) de residuos tratados, y diferentes distancias de transporte (km/año) recorridas desde la recolección hasta la deposición final, para el año 2030.

Para la etapa de generación, las PGRSU_1 y PGRSU_2 no plantean un involucramiento de los usuarios en la separación de residuos en el hogar, a diferencia de las restantes propuestas en donde si hay involucramiento. Para el transporte y recolección se establecen esquemas de recolección total, para las propuestas que no separan residuos en el domicilio (*in situ*), es decir las PGRSU_1 y PGRSU_2. En cambio para las tres restantes, el municipio brindará un esquema de recolección diferenciada para ambas fracciones de residuos. El tratamiento y valoración se realiza en todas las propuestas, salvo en la tendencia del servicio PGRSU_1 que no hay un esfuerzo de cambio en la gestión. En la PGRSU_4 la valoración se realiza en la localidad de La Carlota, Córdoba. Las demás propuestas tratan los residuos inorgánicos en el municipio en una planta de tratamiento ubicada en el basural local.

2.3. Criterios de selección

2.3.1. Inversiones

Las inversiones, medidas en \$, representa el esfuerzo financiero para la implementación de la PGRSU hasta su plena operación. Los datos fueron obtenidos por presupuestos parciales. (Ver Anexo J). Se plantean inversiones comunes a todas las propuestas y no comunes que solo corresponden a las PGRSU_2 y PGRSU_5. Particularmente, en gran medida las inversiones comunes corresponden para el sitio de deposición final, que requiere ajustarlo a las condiciones legales y ambientales de la provincia de Córdoba.

2.3.2. Costo Económico Municipal (CEM).

El CEM, medido en \$/año, refleja los gastos de operación y renovación de las inversiones (aproximadas) que deberá realizar el municipio para operar el servicio de recolección, tratamiento y clasificación y deposición de los RSU en un año normal.

El criterio se elabora a partir del valor actual del costo, VAC, que integra los gastos de operación y las inversiones necesarias de acuerdo a las siguientes expresiones:

--	--

donde I representa las inversiones, medida en pesos y go_t representa los gastos de operación medidos, en pesos por año, r representa el costo de oportunidad del capital (6%), el subíndice t representa el tiempo, medido en años; y T representa el final del periodo de análisis, año 2030.

Los gastos de operación están integrados por los gastos de combustibles y lubricantes; reparación y mantenimiento, gastos en educación y fiscalización, y operarios. Para su cálculo se obtuvo fuente primaria de información municipal y metodología de presupuestaciones parciales (de Prada et al., 2011).

2.3.3. Esfuerzo Político Institucional (EPI).

El EPI, cualitativamente, indica, el esfuerzo necesario que debe realizar la gestión política de turno para pasar de la situación actual a una PGRSU seleccionada. Califica al mismo, en función de los

cambios de hábitos y modalidades que la población deba realizar: en el consumo, compras de mercaderías, formas de movilidad, reúso/reciclado de productos, etc.; y las modificaciones estructurales estéticas y de aseo en el basural local; inversiones y políticas normativas a gestionar, entre otras.

2.3.4. Riesgo por Afecciones a la Salud de la Población.

El riesgo de afecciones a la salud de la población, es mayor cuanto más exposición a residuos tenga la misma. El criterio, cualitativamente, indica el riesgo sanitario al que estaría expuesta la población según la PGRSU que sea optada, el manejo que se aplique a los residuos y la fragmentación del paisaje y visuales que cause, en términos indicativos.

2.3.5. Involucramiento Social

El involucramiento social, cualitativamente, mide la necesidad de participación ciudadana, responsabilidad de los usuarios, la escuela, las instituciones locales y la población en general en cada propuesta de gestión de residuos sólidos urbanos. Es necesario establecer un cambio de conducta de los habitantes para una lograr llevar a cabo una propuesta, por lo que el objetivo del criterio variará según la preferencias de los tomadores de decisiones. Es decir para algunos, más involucramiento será mejor y para otros, menos mejor, según la disposición en su conducta para realizar el esfuerzo de cambio.

2.3.6. Emisión de Gases Efecto Invernadero (EGEI).

La EGEI, medidas el Tn CO₂ eq/año, cuantifica de qué manera la propuesta en estudio contribuye con su huella de carbono al calentamiento global. El criterio se calcula por medio del Software WARM® (EPA, 2016), considerando datos estimativos de una dieta promedio por persona. (Refiere a consumos anuales de alimentos como carnes, cereales, lácteos, frutas y hortalizas, producción de plásticos, latas, vidrios, hojas, restos de poda, otros...)(FAO, 2001; IPCVA, 2015). Además se consideran todas las emisiones directas del transporte de los residuos desde la generación hasta la deposición final, según diferentes distancias recorridas por año en cada propuesta.

2.3.7. Fragmentación del Paisaje y Visuales (FPyV)

La FPyV, indica de manera cualitativa, la perturbación y fragmentación visual del ecosistema rural (ámbito donde está ubicado el basural municipal) y del ecosistema urbano, en función de los cambios estructurales estéticos, de aseo y orden que se le realicen a ambos en cada propuesta (PGRSU) en estudio. Contempla las formaciones de micro basurales en la localidad o la deposición de residuos sin orden espacial – temporal alguno por los usuarios.

2.4. Procedimiento PROMETHEE

Siguiendo a Brans y Marescha (2005) y [Behzadian et al., \(2010\)](#), se aplicó el siguiente procedimiento: Denotamos: a_i para las alternativas técnicas, $i= 1,2,\dots,$ y 5; y $g_j(a_i)$, se utiliza para identificar el valor de los criterios en unidades de medida original, $j =1,2,\dots$ y 7. Multiplicamos por (-1) a aquellos g_j que son minimizados y tratamos todos los criterios, a más mejor (maximización).

Paso 1. Calcular las diferencias por criterio $j^{\text{ésimo}}$

,

donde $d_j(a_i, a_k)$ representa la diferencia entre la alternativa a_i y a_k en el atributo j para el valor de la alternativa i distinto de k .

Paso 2. Aplicar la función de preferencias

,

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

Paso 3. Calcular el índice multicriterio

donde π es el índice multicriterio que mide cuanto a_i es preferida a a_k considerando todos los criterios, w_j es el peso o ponderador para las preferencias P_j para el criterio $j^{\text{ésimo}}$, con los valores normalizados de w_j (mayor w_j más peso toma el criterio en el índice multicriterio).

Paso 4. Calcular las fortalezas y debilidades

$$\phi^+(a_i) = \sum_j w_j P_j(a_i, a_k), \quad \phi^-(a_i) = \sum_j w_j P_j(a_k, a_i)$$

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

Paso 5. Calcular el flujo neto

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

$\phi(a_i)$ 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 $\phi(a_i)$, mejor será la alternativa.

Interpretación de los resultados

Tres posibilidades existen para a_i comparada con las otras alternativas, a_k : En general, a_i es preferida a a_k si:

$$\phi^+(a_i) > \phi^+(a_k) \text{ y } \phi^-(a_i) \leq \phi^-(a_k), \text{ o } \phi^+(a_i) \geq \phi^+(a_k) \text{ y } \phi^-(a_i) < \phi^-(a_k).$$

En tanto, a_i es indiferente a a_k si:

$$\phi^+(a_i) = \phi^+(a_k) \text{ y } \phi^-(a_i) = \phi^-(a_k).$$

En tanto, a_i es incomparable con a_k si:

$$\phi^+(a_i) > \phi^+(a_k) \text{ y } \phi^-(a_i) > \phi^-(a_k). \text{ o } \phi^+(a_i) < \phi^+(a_k) \text{ y } \phi^-(a_i) < \phi^-(a_k).$$

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

Función de preferencia

La función de preferencia para cada criterio asigna un valor a la diferencia entre a_i y a_k , para el criterio, $j^{\text{ésimo}}$. El método originalmente propone seis funciones de preferencia (ver más detalles en Behzadian et al., 2010; Brans and Mareschal, 2005) pero en este trabajo comentamos solo las dos utilizadas: Usual y lineal.

Tipo I. usual Utilizamos para criterio cualitativo:

Si a_i es mayor que b , para el criterio $j^{\text{ésimo}}$ se le asigna 1; de otro modo 0.

Tipo V. Función lineal, para los criterios cuantitativos.

donde q_j y p_j representan los umbrales de indiferencias y fuerte preferencia para las $d_j(a_i, a_k)$. En este trabajo utilizamos 10% y 90% del rango de Inversiones; CEM; EGEI; q_j y p_j respectivamente, y en los criterios cualitativos 0 y 1 respectivamente.

2.5. Interacción con los tomadores de decisión

Se desarrolló dos encuentros, uno informativo y un taller para relevar las preferencias o peso que los actores involucrados le asignan a cada criterio. Los participantes involucrados por el Municipio fueron: Intendencia; Consejo Deliberante; Cooperativa de electricidad; Maní Sur SRL; Cooperativa de teléfonos; directoras de colegios secundarios y primarios locales; Radio FM comunicación, entre otros ciudadanos involucrados en la temática. Se presentó el trabajo, las propuestas, criterios y se mostró la naturaleza de los conflictos, contrastando los resultados con tres políticas extremas sobre las visiones económica, ecológica y administrativa. Posteriormente, los miembros trabajaron identificando las propuestas y el orden para cada uno de los criterios. Finalmente, explicitan el peso asignado para cada uno, w_j , y se comparten los resultados preliminares.

3. Resultados y discusión

Los resultados muestran contrastes importantes entre las propuestas de acuerdo al criterio utilizado. En primer lugar, se muestra la evolución histórica de la población y su predicción, junto a la generación de residuos. Segundo, las propuestas y el orden establecido cuando se consideran algunos criterios individualmente. Posteriormente, la matriz de decisión y los conflictos. Finalmente se muestra la ponderación asignada por los tomadores de decisiones y el ranking obtenido de las alternativas.

3.1. Población.

La evolución de la población y su predicción se muestra en la siguiente *Tabla 1*. La predicción futura considera la tasa de crecimiento poblacional histórica mientras que la aspiración considera un esfuerzo adicional de la comunidad de Santa Eufemia para crear oportunidades para la población local e inclusive atraer a población de otras ciudades con más presión demográfica.

3.2. Producción de residuos sólidos urbanos per cápita.

La generación de residuos es resultado de la dinámica poblacional de una ciudad o localidad, además de otros factores como el nivel de vida; el consumismo asociado a los diferentes grados de rentas; el desarrollo económico y social de la localidad o región; la época del año; el clima, entre otros (BID, 2014). También es variable en función del grado de urbanización y la densidad poblacional. Actualmente la producción per cápita es de 1.02 kg/habitante/día (según cálculos estimativos), lo que se traduce en una producción de RSU por año de 967.235 kg.

Tabla 1. Evolución y predicción de la Población, junto a la generación de residuos sólidos urbanos, en la localidad de Santa Eufemia, Córdoba.

Tiempo (años)	Población (habitantes)*	Nivel de Aspiración** * (habitantes)	Hogares	Volumen RSU (kg/año)
1991	1.974			576.408
2001	2.179			704.049
2010	2.417		780	855.438
2016	2.598		838	967.235
2030	3.076		992	1.333.188
2030	4.000	4.000	1290	1.737.400

Fuente:(de Prada et al., 2016). Nota: *Estimado usando la tasa de crecimiento poblacional entre los censo poblacionales 2001 y 2010 del 1%; ** proyectado usando la tasa histórica de crecimiento y *** Nivel de aspiración o meta.

3.3. Propuestas de Gestión de Residuos Sólidos Urbanos (PGRSU).

PGRSU-1. “Tendencial.”

La PGRSU 1, significa sin modificaciones significativas de las políticas vigentes contempla seguir con la actual gestión de residuos “actuar como de costumbre”, la generación se incrementa por mayor residuos por habitantes y por mayor población, careciendo de servicios de recolección sin diferenciar. La admisión de residuos durante la recolección es total y con posterior deposición en un sitio a cielo abierto, a 2,5 km al oeste de la localidad.

El servicio es llevado a cabo por el municipio (gestión pública) con empleados permanentes asignados a la tarea de recolectores. El mismo se realiza en tres días fijos a la semana, lunes, miércoles y viernes. También se brinda el servicio de barrido semanal a calles pavimentadas, realizándose de manera manual y mecanizada por empleados municipales destinados a las tareas de mantenimiento. Para mantener la política actual es necesario realizar algunos ajustes como: Recolección y Transporte: renovar el camión-compactador; Limpieza: reparar las barredoras, adquisición de nuevas desmalezadoras y lavadora; Disposición final: mantener útil el basural local, ajustándolo a las condiciones legales y ambientales de la provincia de Córdoba, Ley 10.208; 9088.

PGRSU-2.”SinHo”

La PGRSU 2 “SinHo” significa sin involucramiento del hogar (*in situ*). Durante la etapa I) Generación, no hay intervención de los usuarios en la separación de los residuos. Esta propuesta pone énfasis en la parte que es controlable por la gestión residuos a partir de la recolección. En la deposición final, sería la etapa del ciclo de los residuos en donde se interviene, haciéndose ésta controladamente. II) Recolección y Transporte: el gobierno municipal brindará recolección total¹ de residuos a los usuarios, y el transporte de los mismos, será como se realiza actualmente.

III) Tratamiento y Valorización: (diferencia a las demás propuestas) los residuos son separados y clasificados en el basural local en fracciones orgánicas e inorgánicas, para luego darle una valorización a aquellos que lo admitan (vidrios, plástico, metales...) y, en caso contrario, una deposición controlada. La clasificación manual se puede realizar por empleados municipales temporarios y la *Fundación Local de Recuperadores Urbanos: Fundación Solidaria*. Para esta etapa, se requieren inversiones especiales (Ver detalles Anexo I).

IV) Deposición Final: Aquellos residuos de la fracción inorgánica que no puedan ser aprovechados serán depositados de manera controlada en el basural local. En tanto los residuos orgánicos se dispondrán (sector individual) para su compostaje, en el mismo sitio.

PGIRSU-3. “Ecogestión.”

La PGRSU 3 contempla: I) Generación: Separación de los RSU desde el origen, en fracciones orgánicas/húmedas e inorgánicas/secas, con posterior tratamiento en el hogar (*in situ*) de los restos orgánicos que previamente se clasificaron. Al igual que las demás propuestas con separación de residuos en el hogar, es necesario considerar las inversiones intangibles en educación ambiental, junto a los gastos de extensión y fiscalización, que apoyen a la sociedad, técnicas y/o formas de separación de residuos; talleres de ayuda y sensibilización; entre otros, para favorecer el normal desenvolvimiento del servicio y la conciencia social en los usuarios.

II) Recolección y Transporte: el Estado local brindará un servicio de recolección diferenciado para los restos inorgánicos u otros; los cuales se agruparán según el tipo de separación que el usuario realizó en el hogar sobre esta fracción, para determinar su destino comercial en caso de poseerlo (p.e. vidrios). III) Tratamiento y Clasificación: sin acciones, el usuario clasifica la fracción inorgánica en el hogar previamente. IV) Deposición Final: En el basural local, se depositan de manera controlada en un enterramiento, los residuos sin uso alguno.

PGIRSU-4 “Ecogestión con destinos mixtos.”

La PGRSU 4 se basa en: I) Generación: separación de los mismos en origen (hogar), como la anterior propuesta, pero la diferencia está en que el generador (usuario) no se hace cargo de la parte orgánica de los residuos, lo que resulta en un volumen total de RSU a transportar, igual al generado. La separación puede hacerse físicamente por medio de bolsas con colores disímiles como por ej.: residuos orgánicos (bolsa verde) y residuos inorgánicos (bolsa negra). Esto permite facilitar las tareas de deposición final de los residuos orgánicos en el basural.

II) El gobierno local brinda un servicio de recolección diferenciada para cada tipo de fracción de residuos. Particularmente ésta propuesta requiere la adquisición de un nuevo camión compactador, debido las mayores distancias a transportar los residuos para su tratamiento. III) Tratamiento y Valoración de los restos inorgánicos en la localidad de La Carlota. IV) Deposición Final: deposición controlada de restos orgánicos en el basural local para su compostaje.

PGIRSU-5.

La PGRSU 5 tiene como objetivo, tomar como base la PGIRSU 3 y 4, basándose en una separación de los mismos en origen (*in situ*), en *orgánicos/húmedos* e *inorgánicos/secos*, pero el volumen a transportar será total (igual al generado), como en la PGIRSU 2 y 4. I) Generación: La separación puede hacerse físicamente por medio de bolsas con colores disímiles como por ej.: residuos orgánicos (bolsa verde) y residuos inorgánicos (bolsa negra). Esto permite facilitar las tareas de deposición final de los residuos orgánicos en el basural. II) Transporte y Recolección: Para cada fracción de residuos, los mismos tendrán un servicio de recolección diferenciada brindado por el municipio.

III) Tratamiento y Clasificación: La diferencia de ésta propuesta radica en que, los residuos inorgánicos son clasificados por empleados municipales en una planta de recuperación y tratamiento de residuos a nivel local (tratamiento y clasificación ídem a PGRSU 2). IV) Deposición Final: Aquellos residuos de la fracción inorgánica que no puedan ser aprovechados serán depositados de manera controlada en el basural local. En tanto los residuos orgánicos se dispondrán (sector individual) para su compostaje, en el mismo sitio.

Tabla 2. Propuestas de gestión de residuos sólidos urbanos (año 2030).

Etapas		Tendencial	PGRSU 2	Ecogestión	Ecogestión con destinos mixtos	PGIRSU 5
Generación (I)		Sin Separación en Origen		Separación en Origen		
Recolección (II)		Recolección Total ¹		Recolección Diferenciada ²		
Transporte	Volumen (kg/año)	1.333.188	1.737.400	868.700	1.737.400	1.737.400
	Distancia (kg/año)	30162	39223	19611	53077	39223
Tratamiento (III) y disposición final (IV)*		Santa Eufemia			Santa Eufemia / La Carlota	Santa Eufemia

Nota: ¹*Recolección Total:* Refiérase a una admisión total de los residuos que son recolectados; ²*Recolección Diferenciada:* Distinción en los días semanales para la recolección de distintos tipos de residuos; para el caso de estudio, residuos orgánicos e inorgánicos; *lugar donde se realiza la etapa.

3.4. Valoración y orden de propuestas de gestión de residuos sólidos urbanos por criterio.

En la dimensión ambiental se consideraron dos criterios: Emisiones GEI y Fragmentación del Paisaje y Visuales. Las PGRSU que menos emisiones de GEI generan son aquellas en donde el volumen de residuos a recoger es menor, por el involucramiento de los usuarios con las fracciones orgánicas de los residuos que generan en sus hogares. Las mayores distancias de transporte por año inciden negativamente en el valor de emisiones por propuesta, siendo una variable directa de su aumento en el software WARM® (EPA, 2016).

La fragmentación del paisaje es mejor cuanto menos volumen de residuos se manejan por año en la localidad. Así para la PGRSU_4, que retira el 50% los residuos de la localidad hacia otra, sale satisfactoria en este criterio, pero en contra partida de una mayor emisión de GEI, ya que las distancias de transporte por año de los RSU son mayores. Las obras civiles, construcciones de tendidos eléctricos, caminos e infraestructura de redes para agua potable, que provocan alteraciones en la fauna autóctona y con ello cambios en la biodiversidad de la región.

Tabla 3. Emisiones de Gases Efecto Invernadero - Fragmentación del Paisaje y Visuales.

PGRSU	EGEI* Ton CO2 eq./año	FPyV Índice
Tendencial	5.879	Muy alto
SinHo	5.015	Alto
Ecogestión	2.972	Muy bajo
Ecogestión con destinos mixtos	6.329	Muy bajo
PGRSU 5	5.015	Medio

Nota: (*) Estimado con Software WARM® (EPA, 2016).

Para considerar la dimensión económica se consideran dos indicadores: Inversiones y Costo Económico Municipal, los cuales evidencian hallazgos de gran relevancia para el municipio de Santa Eufemia. En primer lugar, hay una propuesta de gestión de residuos sólidos urbanos con menores CEM que la actual forma de operación del servicio y menores costos mensuales por hogar respecto a la tendencia (Ver columna CEM en \$/año Tabla 4). En segundo lugar, la PGRSU_3 a diferencia de las demás propuestas, involucra mayor en población hacia el año 2030.

Las PGRSU_ y PGRSU_5, requieren mayores montos de inversiones que las demás propuestas, debido a que se llevarán a cabo inversiones en construcciones físicas en el predio del basural; instalaciones de iluminación y agua, para que los empleados municipales puedan llevar a cabo, en condiciones higiénicas permitidas, la clasificación manual de los RSU, y demás tratamientos.

Tabla 4. Criterios económicos y financieros por propuestas

PGRSU	Costos Económico Municipal		Inversiones \$	Inversiones por Hogar** \$
	\$/año	\$/mes/hogar*		
Tendencial	-2.951.909	-186	-2.135.000	-2.548
SinHo	-4.137.896	-260	-5.435.000	-6.486
Ecogestión	-2.687.699	-169	-2.835.000	-3.383
Ecogestión con destinos mixtos	-3.050.746	-192	-3.085.000	-3.681
PGRSU 5	-3.912.034	-246	-5.585.000	-6.665

Nota: *hogares futuros (para la prognosis 992 y para la aspiración 1290 hogares); **Hogares actuales: 838

El esfuerzo económico para las propuestas en estudio, se representa en la dimensión político institucional para gobierno, en regular normativamente el servicio público, establecer cambios de comportamientos en los usuarios para una situación imaginada, como así también, en la sociedad. Ambos esfuerzos son muy bajos en la tendencia del servicio, aunque poco involucramiento de la sociedad no es el objetivo. Para la PGRSU_3 es muy alto el EPI, al tener que modificar el comportamiento de los usuarios, para aplicar una separación de residuos en el hogar junto con la responsabilidad e involucramiento por la fracción orgánica de los RSU.

Tabla 5. Esfuerzos políticos e involucramiento social por propuesta.

PGRSU	EPI (índice)	Riesgo de Afecciones a la Salud de la Población	Involucramiento social
Tendencial	Muy bajo	Muy alto	Muy bajo
SinHo	Bajo	Medio	Bajo
Ecogestión	Muy alto	Alto	Muy alto
Ecogestión con destinos mixtos	Medio	Bajo	Medio
PGRSU 5	Alto	Alto	Alto

De esta manera la tendencia del servicio acrecienta el riesgo sanitario de la población local y rural próxima, al no restringir los accesos al basural local, junto la generación de micro basurales dentro del ejido urbano, incrementa el riesgo y más aún desvaloriza la higiene y el orden urbano local. La propuesta (4), prioriza el mejor resultado ya que se trasladan los RSU a la planta de tratamiento de la localidad de La Carlota.

3.5. Matriz de decisión

La elección de alguna propuesta técnica-operativa de cómo gestionar los residuos sólidos urbanos de una localidad muestra conflictos para decidir por la mejor alternativa cuando se consideran diferentes criterios de decisión. Si solo nos basamos en los criterios económicos y ambientales, propuesta ganadora es la PGRSU (3) “Ecogestión”. Sin embargo, esta alternativa tiene muy pobre performance sanitaria (criterio social), y un alto involucramiento social; donde el valor que va a tomar este último, dependerá del objetivo que tiene el decisor con respecto al mismo. En el criterio político (EPI), ésta propuesta puede ser superada ampliamente por cualquier otra. Frente a esta situación conflictiva entre los criterios para con esta propuesta, se presenta en una posición ventajosa en términos, sociales y políticos la PGRSU (4) “Ecogestión con destinos mixtos”.

La tendencia del servicio es competitiva en términos políticos y económicos frente a las demás (excepto la PGRSU 3), pero no ambientalmente donde es rechazada por la mayoría de los tomadores de decisiones. Es por ello, que se propone a los actores, referentes, participantes del taller a establecer sus propias preferencias ponderando cada criterio y así poder seleccionar la mejor alternativa. De hecho, si algún criterio (económico, ambiental, político, social no es compartido se explicita como cero su preferencia).

Tabla 6. Matriz de decisión: Gestión de Residuos Sólidos Urbanos, Santa Eufemia (Año 2030).

Alternativas	Inversiones	CE Municipal	EGEI	FPyV	Riesgo Salud	Involucramiento Social	EPI
	\$	\$/año	Ton CO2 eq./año	Índice	Índice	Índice	Índice

PGRSU 1	2.135.000	2.951.909	5.879	Muy alto	Muy alto	Muy bajo	Muy bajo
PGRSU 2	5.435.000	4.137.896	5.015	Alto	Medio	Bajo	Bajo
PGRSU 3	2.835.000	2.687.699	2.972	Muy bajo	Alto	Muy alto	Muy alto
PGRSU 4	3.085.000	3.050.746	6.329	Muy bajo	Bajo	Medio	Medio
PGRSU 5	5.585.000	3.912.034	5.015	Medio	Alto	Alto	Alto
Objetivo	Min	Min	Min	Min	Min	Max	Min
q_i	1.380.000	580.079	1.343	-	-	-	-
p_i	2.070.000	870.119	2.014	1	1	1	1

3.6. Ponderación de los criterios y evaluación de las alternativas

Considerando la matriz de decisiones y la metodología citada, se relevó en un taller de trabajo el peso asignado a cada criterio, por los miembros del consejo deliberante de Santa Eufemia, instituciones locales y actores en general. Para ello se utilizó una escala de 0 a 10. El decisor asigna cero a un criterio que no debe ser considerando para él, 1 si es de baja importancia y 10 si es muy importante. Posteriormente, los pesos asignados se normalizan.

En el taller, prácticamente, todos los miembros reconocieron como importante los criterios utilizados. El primero en explicitar los pesos asignados a cada criterio y darle igual ponderación a todos los criterios posiblemente fue el intendente local, que dio inicio al ejercicio. De todos modos, después que vio el resultado quedo conforme con la asignación de peso que había realizado, ya que era la alternativa que más seleccionada tenía dentro de su pensamiento. En general, todos los participantes han dado alto peso a los criterios; pero a la vez muy variables sus ponderaciones entre los criterios, es decir algunos consideran el esfuerzo político institucional (EPI) 5, mientras que otros asignan un peso de 10. En la siguiente *Tabla 7* figuran las ponderaciones.

Tabla 7. Ponderación de los diferentes criterios asignado por los participantes del Taller.

Pesos asignados a los criterios de decisión: Escala 0 a 10 (w_j)							
	Inversiones	CEM	EGEI	FPyV	Riesgo Salud	Involucramiento Social	EPI
Participante 1	7	5	8	6	10	10	5
Participante 2	6	9	6	6	8	8	5
Participante 3	7	8	4	10	8	10	10
Participante 4	8	7	10	10	9	10	9
Participante 5	5	0	8	7	9	10	7
Participante 6	7	5	8	6	10	10	5
Participante 7	7	8	4	10	10	8	10
Participante 8	5	10	8	7	10	9	7
Participante 9	7	5	8	6	10	10	5
Promedio de pesos	6,6	6,3	7,1	7,6	9,3	9,4	7,0
Desvío estándar	1,01	3,00	2,03	1,88	0,87	0,88	2,18
Coefficiente de variación	15,5	47,4	28,5	24,9	9,3	9,3	31,1

Nota: Escala 0 y 10; 0 el criterio no debe ser considerado e incrementa gradualmente hasta 10 muy importante.

En resumen, los siete criterios en promedio, tienen valores medios a altos de importancia, como se mencionó. El criterio más ponderado es el *involucramiento social* cuyo promedio fue 9,4 y el coeficiente de variación del 15,5%, en tanto el criterio costo económico municipal ha sido el menos ponderado 6,3 con coeficiente de variación del 47,4%. Este último criterio es el que tiene mayor variabilidad, y uno de los participantes, anulo a éste de su matriz de ponderación.

Con la preferencia explicitada de cada participante se mostraba el resultado y se discutía brevemente si representaba su preferencia. Los resultados muestran una preferencia marcada por la PGRSU (3) “Ecogestión”. En la 8, se muestran las propuestas seleccionadas de acuerdo a los valores obtenidos en términos de fortalezas, debilidades y el valor neto considerando el peso asignado por cada participante y el promedio de pesos asignados por el conjunto.

Por un lado, se puede apreciar que si utilizamos el promedio de pesos asignados por los diferentes participantes, PGRSU (3) “Ecogestión” 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, es la alternativa aparece seleccionada en ocho de nueve (8/9) participantes, como la mejor tanto en fortalezas como debilidades, mientras que solamente el participante 7 ha tenido como resultado que la PGRSU (4) “Ecogestión con destinos mixtos” es mejor en cuanto a su forma de ponderación.

Por lo expuesto, la propuesta seleccionada de cómo gestionar los residuos sólidos urbanos, durante los próximos años en Santa Eufemia, es la PGRSU (3) “Ecogestión”. Donde los usuarios separan los residuos en dos fracciones en el hogar, y se involucran responsablemente, con el aprovechamiento de los residuos orgánicos.

Tabla 8. Mejor alternativa de acuerdo a la ponderación asignada por los decisores

Participantes	Neto	Fortaleza	Debilidad
1	PGRSU (3)	PGRSU (3)	PGRSU (3)
2	PGRSU (3)	PGRSU (3)	PGRSU (3)
3	PGRSU (3)	PGRSU (3)	PGRSU (3) – (4)
4	PGRSU (3)	PGRSU (3)	PGRSU (3) – (4)
5	PGRSU (3)	PGRSU (3)	PGRSU (3) – (4)
6	PGRSU (3)	PGRSU (3)	PGRSU (3)
7	PGRSU (4)	PGRSU (4)	PGRSU (4)
8	PGRSU (3)	PGRSU (3)	PGRSU (3) – (4)
9	PGRSU (3)	PGRSU (3)	PGRSU (3)
Promedio de pesos	PGRSU (3)	PGRSU (3)	PGRSU (3) – (4)

A los fines ilustrativos se muestra el resultado obtenido con los pesos promedios de los participantes del taller en el . Se puede apreciar que las alternativas ordenadas por mayores fortalezas son: PGRSU (3) “Ecogestión”; PGRSU (4) “Ecogestión con destinos mixtos”; PGRSU (2) “SinHo”; PGRSU (5) y PGRSU (1) “Tendencial”. En tanto, el orden para menores debilidades también representa el mismo orden. Por lo tanto, el resultado neto es comparable y permite ordenar las propuestas de mejor a peor de la siguiente manera: PGRSU (3) “Ecogestión”; PGRSU (4) “Ecogestión con destinos mixtos”; PGRSU (2) “SinHo”; PGRSU (5) y PGRSU (1) “Tendencial”.

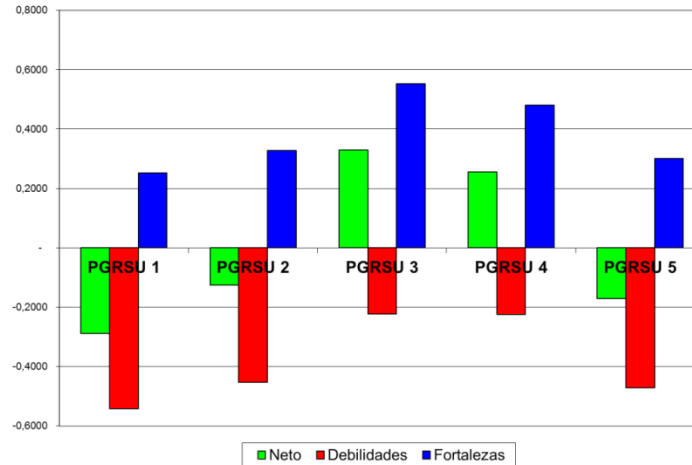


Gráfico 1. Fortalezas, debilidades y resultado neto usando el promedio de pesos asignados.

3.7. Análisis de sensibilidad e implicancia económica de la elección

Posterior de realizado el ejercicio también se evaluó la sensibilidad del resultado para las preferencias lineales considerando un cambios 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.

Tabla 9. Análisis de sensibilidad del flujo neto ante cambios del umbral de indiferencia, q_j y de preferencias absolutas, p_j .

Alternativas	Neto (20%,80%)	Neto (30%,70%)	Neto (40%,60%)
PGRSU (3)	0,34	0,35	0,38
PGRSU (4)	0,27	0,28	0,36
PGRSU (2)	-0,16	-0,17	-0,18
PGRSU (5)	-0,19	-0,21	-0,22
PGRSU (1)	-0,24	-0,23	-0,23

Nota: Entre paréntesis representa el valor de q_j y p_j .

Separar residuos en el hogar (*in situ*) e involucrarse con la fracción orgánica de los mismos tiene, en términos económicos, grandes ventajas para el municipio y para los hogares de la localidad (Ver columna 4: *Tabla 5*). El costo económico por hogar (CEH) que tendría la tasa del servicio público, al año 2030, será la más baja en relación a las demás propuestas diseñadas. Es decir \$169 promedio por mes; contra \$186 por mes, si el servicio sigue “como de costumbre” (*PGRSU (1) “Tendencial”*) y solo contemplando legislaciones vigentes, provinciales y nacionales, que regulen la actividad. En la dimensión ambiental, la *PGRSU (3)* es la más promisoría, pero requiere considerar el esfuerzo político del gobierno local junto al involucramiento de la población, para alcanzar la situación deseada en los próximos años.

4. Conclusiones

En este artículo, hemos presentado el diseño de propuestas, la valoración y un procedimiento para relevar preferencias de los *decisores* para ayudar a seleccionar la propuesta de gestión de residuos sólidos urbanos (PGRSU) que mejor satisface sus intereses. La aplicación se realiza en el en la municipalidad de Santa Eufemia usando un modelo de análisis multicriterio (PROMETHEE). El modelo integra cinco propuestas: *PGRSU1_Tendencial*; *PGRSU2_SinHo*; *PGRSU3_Ecogestión*; *PGRSU4_Ecogestión con destinos mixtos*; *PGRSU_5* y siete criterios de selección: *Inversiones*

Fijas (\$); Costo Económico Municipal (\$/año); Emisiones Gases Efecto Invernadero (Tn CO₂ eq año⁻¹); Fragmentación del Paisaje y Visuales (cualitativo); Riesgo por Afecciones a la Salud de la Población (cualitativo); Involucramiento Social (cualitativo); Esfuerzo Político Institucional (cualitativo).

Los resultados hallados son muy auspiciosos desde el punto de vista económico, social y ambiental aunque se requiere una solución de compromiso. De hecho, la matriz de decisión muestra conflictos que emergen cuando se consideran diferentes criterios derivados de la dimensión ambiental, económica, social y político institucional, para las alternativas analizadas.

Desde el punto ambiental, el vector de valores *EGEI* (5.879; 5.015; **2.972**; 6.329; 5.015) muestra como mejor la PGRSU_3 y peor a PGRSU_4; en contraste estas dos últimas son mejores para el criterio *FPyV* (muy alto; alto; **muy bajo**; **muy bajo**; medio) y la peor es la tendencia. Para la dimensión económica, el vector de valores *CEM* (2.951.909; 4.137.896; **2.687.699**; 3.050.746; 3.912.034) establece como mejor a la PGRSU_3 y peor a la PGRSU_2; en tanto para *INVERSIONES* (**2.135.000**; 5.435.000; 2.835.000; 3.085.000; 5.585.000) la mejor es PGRSU_1 y la peor PGRSU_5. En la dimensión social y política institucional, el vector de valores para *EPI – INVOLUCRAMIENTO SOCIAL* (muy bajo; bajo; **muy alto**; medio; alto) presenta en posición ganadora la PGRSU_3 y como peor a la PGRSU_1. Finalmente, los vectores de valores de *RIESGO DE AFECCIONES A LA SALUD DE LA POBLACIÓN* (muy alto; medio; alto; **bajo**; alto) muestra como mejor a PGRSU_4 y peor a PGRSU_1.

En primer instancia (Plan A), la PGRSU_3 muestra buen comportamiento ambiental, al emitir menores emisiones de gases efecto invernadero y generar menor fragmentación del paisaje, además en la dimensión económica, contempla menos costo económico por año para el municipio (y hogares), en mantener el servicio en un futuro y al mismo tiempo es la propuesta con mayor involucramiento social (hogares, instituciones, y municipio). En contraste, la PGRSU_3 requiere un esfuerzo político institución muy alto, implica un rol activo del gobierno local en modificar el comportamiento del Estado, concientización a los usuarios, educación ambiental, fiscalización y cumplimiento de normas. Esta propuesta también muestra un alto riesgo de afecciones a la salud de la población por la mayor exposición en el hogar a los residuos orgánicos.

En una segunda instancia (Plan B), la PGRSU_4 se posiciona en forma más promisoría frente al criterio de riesgo por afecciones a la salud de la población y, FPyV. De manera opuesta no tiene un buen comportamiento en *EGEI*, y frente a criterios políticos su esfuerzo es medio, en términos cualitativos. Finalmente y de manera tentativa para el municipio, los costos económicos para operar el servicio e inversiones necesarias son buenas, frente a las demás propuestas de gestión de RSU.

El agregado de valor a la información disponible es otro aporte relevante de este trabajo especialmente en la utilización y estimación de indicadores derivados del paradigma del desarrollo sostenible. La dimensión social fue capturada con dos indicadores aceptados por la población y de fácil comunicación. El indicador de “*involucramiento social*” es muy pertinente para la gestión de residuos, porque todos participan en la generación, recolección, transporte, valoración y deposición final; y los grados de involucramiento de la sociedad dependen de la propuesta de gestión que se desee efectuar en los próximos años en la localidad.

Presentar la información al gobierno municipal de Santa Eufemia, de manera abierta y participativa a la ciudadanía, permite trabajar en forma directa considerando la importancia de cada criterio y la ponderación de los mismos, para una decisión política sobre el destino de un servicio público en el mediano plazo; a fin de mejorar la calidad de vida de la población, la situación económica municipal y ambiente equilibrado. La obtención de resultados, de acuerdo a las preferencias relevadas de los participantes, muestra como de un problema multidimensional se resuelve poniendo de manifiesto el potencial del modelo y la comunicación prometedora entre actores. La profundización de estudios de factibilidad siguientes para llegar a los detalles más técnicos aun, se

reduce significativamente una vez identificados las preferencias de los decisores y establecida la imagen objetiva futura.

Si bien los resultados son concisos queremos alertar al lector sobre algunas limitaciones del estudio. En primer lugar, hemos utilizado datos inmediatos disponibles sin precisiones para la viabilidad técnica en: inversiones particularmente las intangibles vinculadas a educación ambiental y los gastos de educación y fiscalización. En este sentido será muy importante precisar estos datos con el estudio de viabilidad. En segundo lugar, hemos utilizado una variable cualitativa para dimensionar el riesgo sanitario a la población por exposición a los residuos manejados en cada propuesta, que posiblemente, este criterio pueda cuantificarse y brindar información con mayor certeza. En tercer lugar, el estudio de los residuos está limitado fracciones orgánicas e inorgánicas de los RSU, por lo que deberán estudiarse proyectos especiales y manejos diferenciados para residuos peligrosos, pilas, baterías, pañales, solventes químicos, entre otros.

Bibliografía

- Behzadian, M., Kazemzadeh, R. B., Albadvi, A., and Aghdasi, M. (2010). PROMETHEE: A comprehensive literature review on methodologies and applications. *European Journal of Operational Research* 200, 198-215.
- BID (2014). Guía Metodológica. "Iniciativa de Ciudades Emergentes y Sostenibles". Banco Interamericano de Desarrollo segunda edición, 38
- Brans, J.-P., and Mareschal, B. (2005). Promethee methods. In "Multiple criteria decision analysis: state of the art surveys" (J. Figueira, S. Greco and M. Ehrgott, eds.), Vol. 78, pp. 163-195. Kluwer Academic Publishers.

- de Prada, J. D., Degioanni, A., Cisneros, J. M., Cahe, E. J., Gil, H. A., Plevich, J. O., Pereyra, C. I., and Cantero G., A. (2016). Ordenamiento Territorial: Localización de Parque Industrial y Expansion urbana sobre Tierras Rurales, en Santa Eufemia, Córdoba, Argentina., 89.
- de Prada, J. D., Gil, H. A., Pereyra, C. I., and Cantero G., A. (2011). Guia de Presentacion de Perfil de Proyectos. Material de Planeamiento Agropecuario. FAV UNRC.
- Delgadino, F., Rodriguez, J. M., Albrisi, S., Mosquera, M., Rubinstein, H., Moiso, E., Arranz, P., Brarda, J. P., and Speranza, P. (2011). "Proyecto Córdoba 2025. Resumen Ejecutivo." Universidad Nacional de Córdoba y Camara Argentina de la Construcción Córdoba, Argentina.
- Delgado, C. C. (2013). Del consumismo al consumo sostenible. Institución Universitaria Politécnico Grancolombiano.
- Elias, X. (2012). Reciclaje de Residuos Industriales. Residuos Sólidos Urbanos y Fangos de Depuradoras. (X. Elias, ed.), pp. 1290.
- 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). 54.
- FAO (2001). Perfiles Nutricionales por Paises. Organizacion de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. 30.
- FAyRN (2010). RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS: UNA GUÍA PRÁCTICA PARA LA SEPARACIÓN EN ORIGEN EN EL PARTIDO DE LA PLATA. 67.
- IPCVA, I. A. M. S. A. B.-. (2015). Estudio de Usos y Actitudes sobre el consumo de Carne Vacuna en Argentina- En Población Nacional y en Hogares. 39
- LGPGIR. (2013). Ley General para la Prevencion y Gestion Integral de los Residuos. Camara de diputados del Gobierno de Mexico. 47.
- Schuldt, M. (2009). Demanda potencial de Humus en Argentina. El Bolson; Rio Negro. Argentina.
- Soltani, A., Hewage, K., Reza, B., and 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., and Pravia, M. A. (1999a). "Manual for the development of composting conceptual bases and procedures." Panamerican Health Organization , World Health organization should , Presidency of the Republic, Montevideo, Uruguay.

Anexo I: Inversiones por propuestas.

Descripción	Costos (\$)*	Observaciones	PGRSU**
Nivelación y sistematización del terreno junto con la socavación de 2 fosas de enterramiento sanitario, impermeabilización y deposición controlada de los residuos que actualmente hay en el basural. Estabilización de la superficie.	50.000	Comunicación telefónica con Canteras Bringas	(1)“Tendencial” (2) “SinHo” (3)“Ecogestion” 00
Limpieza del sitio, control de malezas y plagas.	20.000	Estimados	(4) “Ecogestion con

Perimetrado del predio y forestación perimetral	150.000	Presupuestos	destinos mixtos”
Construcción de un acceso al basural y puerta de ingreso, junto a la instalación de señalizaciones de ingreso e instrucciones para la deposición de los RSU.	25.000	Estimados	(5) PGRSU
Adquisición de un nuevo camión compactador:		Corcam S.A Scorza S.A	
Configuración 4x2	1.750.000		(3) “Ecogestión”
Configuración 6x2 (balancín)	2.250.000		(1)“Tendencial” (2) “SinHo”
Instalación de 15 basureros en espacios públicos y aceras de la localidad, y 10 grandes contenedores para botellas plásticas (ubicación estratégica).	20.000	Presupuesto	(4) “Ecogestion con destinos mixtos” (5) PGRSU
Lavadora de uso intensivo	50.000	MercadoLibre	
Reparación o recambio de barredoras.	70.000 / 250.000	Estimado	
Adquisición de 2 nuevas desmalezadoras	20.000	Jorge Dahl (Representante Sthil y Honda)	
Instalación de iluminaria sobre el ingreso y dentro del predio	2.000.000	Estimado	(2) “SinHo” (5) PGRSU
Instalación de red de agua potable hasta el predio municipal.	1.000.000		
Extensión y educación ambiental	250.000	Diseño técnico y presupuesto	(5) PGRSU (4) “Ecogestion con destinos mixtos”
	400.000		▪ (3)“Ecogestion ”
	100.000		▪ (2) “SinHo”

Nota: **Se detalla la PGRSU en la cual es necesario realizar la inversión fija descripta; * costos aproximados (obtenidos con información inmediata disponible actual).