



Retorno social de la inversión para gestionar los residuos sólidos urbanos de Metepec, México

Social return of investment to manage urban solid waste in Metepec Mexico

Nancy Hochstrasser Castillo^{a*}, Isaías de la Rosa Gómez^{b*}, Carlos Gabriel Borbón Morales^{c**},
María Consuelo Hernández Berriel^{d*}

^{a*} Instituto Tecnológico de Toluca

^{**} Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo A.C.

RESUMEN

Objetivo: determinar el retorno social de la inversión del programa de limpia pública; con el fin de evaluar la rentabilidad extrafinanciera de la gestión integral de residuos sólidos urbanos del municipio de Metepec, Estado de México, en el período de 2019 a 2024.

Diseño metodológico: la determinación del retorno social de la inversión incluye principios de medición del valor extrafinanciero respecto a los recursos invertidos; en especial el valor social y el ambiental. La unidad de análisis es un programa de alcance municipal que gestiona los residuos sólidos urbanos. Para el cálculo del Retorno Social de la Inversión (SROI, por sus siglas en inglés) se desarrollan cinco fases: *a)* identificar y establecer el alcance de los grupos de interés; *b)* mapeo de los resultados o cambios; *c)* medición financiera de dichos cambios a través de variables proxy; *d)* medición del impacto social; y *e)* cálculo de la tasa de retorno social de la inversión.

Resultados: el retorno social resultó en 1.27. Lo cual implica que, el programa de limpia pública, tiene un efecto de valor social positivo.

Limitaciones de la investigación: se deja de lado la construcción de las capacidades de aprendizaje social y la perspectiva holística medioambiental.

Hallazgos: se concluye que el programa de limpia pública de Metepec, es sustentable social, financiera y ambientalmente.



Recibido: 3 de abril de 2020;
aceptado: 2 de agosto de 2020;
publicado: 21 de agosto de 2020



Palabras clave:
inversión, rentabilidad, residuos, gestión.

ABSTRACT

Purpose: To determine the social return of investment of the public cleaning program in order to evaluate the extra-financial profitability of the integral management of urban solid waste in the municipality of Metepec, Estado de Mexico (State of Mexico) in the period from 2019 to 2024.

Methodological design: The determination of social return on investment allows to include principles for measuring extra-financial value according to the resources invested; especially, social and environmental value. The unit of analysis used is a municipal program that manages urban solid waste. The Social Return on Investment (SROI) involves the development of five phases: *a)* Identify and establish the scope of interest groups, *b)* mapping the results or expected changes, *c)* financial measurement of such changes through proxy variables, *d)* measurement of social impact, and *e)* calculation of the social return on investment.

Results: The estimated social return was 1.27 which implies that the public cleaning program has a positive social value effect.

Research limitations: The construction of social learning capacities for the management of urban solid waste is left aside. The holistic environmental perspective is also out of reach.

Findings: It is concluded that the Metepec public cleaning program is socially, financially and environmentally sustainable.



Keywords:
investment, profitability, waste, management.



Se autoriza la reproducción total o parcial de los textos aquí publicados siempre y cuando se cite la fuente completa y la dirección electrónica de la publicación. CC-BY-NC-ND

INTRODUCCIÓN

De acuerdo con Kaza *et al.* (2018), la generación mundial de residuos sólidos urbanos (RSU), se estima en 2.01 billones de t/año, de los cuales 33 % no son gestionados correctamente. Un hecho a resaltar es, que sólo 16 % de la población, que corresponde a países de altos ingresos, genera 34 % de los RSU. De continuar esta tendencia, la cifra llegará a 3.4 billones de toneladas para 2050.

De ahí que la escasa gestión integral de residuos sólidos urbanos (GIRSU), sea un problema que afecta la salud pública, el medio ambiente y las finanzas de los países. Expresando su impacto en el agotamiento de recursos naturales, y en el cambio climático producto de emisiones de gases de efecto invernadero. En este sentido, un sistema avanzado de gestión de residuos se convertiría en un reductor neto de dichas emisiones. Un hecho que muestra la preocupación de la comunidad mundial es la inclusión de la gestión de residuos en los objetivos de desarrollo sostenible en la Agenda 2030 de la ONU (Pon, 2019).

El tipo de composición de los RSU está determinado por factores tales como: nivel de desarrollo económico, normas culturales, ubicación geográfica, fuentes de energía y clima, entre otros. A medida que un país se urbaniza, y las poblaciones incrementan sus niveles de ingreso, el consumo de materiales inorgánicos tales como: plástico, papel y aluminio, también aumenta; mientras que la fracción orgánica disminuye relativamente (Hoornweg y Perinaz, 2012).

En consecuencia, para Kaza *et al.* (2018), los países de altos ingresos generan 32 % de los RSU (mundiales) de alimentos y desechos verdes; y 51 % de desechos secos que podrían reciclarse, incluyendo plástico, papel, cartón, metal y vidrio. Así, los países de ingresos medios y bajos generan 56 % de RSU provenientes de alimentos y desechos verdes, y 16 % de los materiales secos.

Cabe mencionar que los países en desarrollo presentan escasas unidades de gestión tales como: centros de transferencia, plantas de reciclaje y plantas de compostaje, por citar algunos ejemplos.

Derivado de que los procesos de reciclaje son relativamente costosos, y evidencian poca sostenibilidad económica, la implementación del modelo de sustentabilidad se limita a la optimización de los costos (McDougall *et al.*, 2001).

En México se han realizado esfuerzos para avanzar en la GIRSU, ya se cuenta con un marco normativo, que involucra dos leyes: Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA) y Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR). En ellas se legisló sobre la reducción, separación desde el origen y valorización de los residuos, con el propósito de minimizar el impacto en el medio ambiente y la salud humana. Sin embargo, en México prevalece una grave situación de desigualdad social, en lo que se refiere a GIRSU (Semarnat, 2019).

No obstante estos avances, la misma Semarnat (2019), advierte que aún se requiere fortalecer el marco normativo; incorporar instrumentos económicos que motiven la valorización integral de los recursos naturales y las materias primas reciclables; articular los tres órdenes de gobierno para fomentar la gestión, capacitación e infraestructura; evaluar y monitorear el desempeño de los proyectos; responsabilizar al productor de los desechos de los productos; sensibilizar y concientizar a la ciudadanía; así como, cumplir los requerimientos normativos para la disposición final de los RSU.

En México, según Semarnat (2020), se producen 120 128 t/día de RSU, más de la mitad provienen de desperdicios de alimentos y restos de jardines, y casi una tercera parte son: plástico, vidrio, papel, cartón, textil y metal. Debido a su composición, 31.5 % son reciclables, 46.4 % orgánicos, y 22.0 % son no aprovechables. Se estima que se generan casi 1 kg/hab/día (donde 0.7 kg son de origen domiciliario, y 0.3 kg se originan fuera de los hogares). Cabe señalar que la entidad federativa que produce más RSU es el Estado de México (16 739 t/día), es decir, casi 14 % del total nacional; seguido de la Ciudad de México (9,552 t/día), 8 % del total del país.

De acuerdo con ONU-Hábitat (2018), el municipio de Metepec, no obstante que, en el rubro productivo tiene mejor desempeño que la media estatal y nacional,¹ alcanzando un valor de 54.79/100. En la dimensión de sostenibilidad ambiental registra un valor de 43.26/100; lo que significa que, tanto los factores productivos como la calidad del aire, el manejo de residuos y/o la generación

¹ La media nacional es un valor ponderado a partir de los resultados del CPI básico para 305 municipios de México (ONU-Habitat, 2018). Estos municipios representan 86.75 % de la población urbana del país y 94.5 % del Sistema Urbano Nacional, por lo que el valor promedio nacional del CPI tiene una representatividad equivalente a su cobertura territorial y demográfica.

de energía renovable son débiles y tienen un impacto negativo en la prosperidad urbana.

El reto de prevenir y/o reducir la generación de residuos debe ser la parte angular de una GIRSU, mejorando la calidad de los mismos, favoreciendo la reducción, reúso, reciclaje y recuperación de RSU. Para Kaza *et al.* (2018), el proceso debe iniciar con elaboración de diagnósticos y diseño de estrategias que orienten el buen manejo de los residuos.

Un reto alternativo a estas iniciativas, según Desmond (2006), es la medición de los rendimientos, los cuales se cuantifican, en primer lugar, respecto al medio ambiente con indicadores como: volúmenes de desechos municipales generados, kilogramo por hogar por año, total de desechos municipales reciclados (t/año), envíos al relleno sanitario (Resa), emisiones evitadas de ser lanzadas al aire y al agua, debido a instalaciones de gestión de desechos y actividades de desechos no autorizados. En segundo lugar, desde la perspectiva económica, que involucra: costo de eliminación de desechos municipales por tonelada, costo neto de operación y mantenimiento de instalaciones de reciclaje. En tercer lugar, en lo social: se buscan indicadores sobre aceptación pública de planes y acciones de GIRSU, participación pública en la planificación e implementación. Por último, un cuarto elemento corresponde a la administración: disponibilidad de recolección separada de reciclables secos, porcentaje de la población atendida por la recolección de reciclables desde la fuente, entre los más relevantes.

Así, los indicadores claves de rendimiento, que deben monitorearse son los costos de: recolección total, recolección por tonelada, transporte. Así como la percepción social, la participación social del porcentaje de la población que separa los RSU, el impacto ambiental de acuerdo con el porcentaje de residuos reciclados. Integrando así la gestión de costos, el servicio a los ciudadanos, la participación ciudadana y la evaluación del impacto ambiental (Sanjeevi y Shahabudeen, 2015). Otros autores como Mohan, Sinha y Lal (2016), proponen un modelo rentable, bien diseñado y descentralizado a manera de asociación público-privada-personas para la gestión de RSU.

En consecuencia, se requiere avanzar en la aplicación de metodologías incluyentes donde confluyan tanto la contabilidad de costos financieros y extrafinancieros que representan factores sociales y medioambientales. De

ahí que los rendimientos e indicadores antes mencionados bien pueden calcularse con el *retorno social de la inversión* (SROI, por sus siglas en inglés) que permite integrar el ámbito económico, social y ambiental.

Con lo cual, este método, también va más allá de las herramientas de evaluación económica tradicionales, al considerar el valor producido para múltiples partes interesadas en las tres dimensiones del desarrollo: económico, social y ambiental (Hamelmann *et al.*, 2017).

Un hecho que muestra lo inaplazable de la implementación de los GIRSU, lo manifiesta el informe sobre la economía del cambio climático, donde se muestra que, si no se actúa con prontitud, para frenar este fenómeno pernicioso, se puede llegar a perder hasta 20 % del PIB mundial anual (Caparrós, 2007).

En este sentido, prácticamente se justifica cualquier sacrificio de la generación actual por un incremento en el bienestar de las generaciones futuras, denominado como equidad intergeneracional (Nordhaus, 2007; Dasgupta, 2007).

En consecuencia, el objetivo de este estudio es determinar el SROI del programa de limpia pública; con el fin de evaluar la rentabilidad extrafinanciera de la GIRSU del municipio de Metepec, Estado de México, en el período de 2019 a 2024.

El documento está integrado en cuatro secciones. La primera se refiere a la revisión de literatura sobre la teoría del cambio; que es la base conceptual para la evaluación del cambio económico-social-ambiental, que se espera obtener con la implementación de la GIRSU. La segunda sección se destina al método de prospección SROI, utilizado para estimar los costos futuros, y el cálculo de lo que representa invertir recursos monetarios actuales, recurso humano y organización social; para mitigar el problema de contaminación futura en el municipio en cuestión. En la tercera se presentan los resultados, contabilizando inversiones en infraestructura, mano de obra, insumos, materiales, y demás actividades que se podrían realizar, a fin de lograr el cambio social en pro de la mejora en la gestión de los residuos. Además, se presentan casos y oportunidades de éxito con otros sistemas de gestión de RSU en otros países. En la cuarta sección se especifican las conclusiones y recomendaciones.

REVISIÓN DE LITERATURA

La teoría del cambio

La teoría del cambio (TC), como lo manifiesta Pawson (2013), es un enfoque de alcance intermedio; es decir, es un esquema cuya estructura permite realizar abstracción a través de casos para identificar los mecanismos comunes en el trabajo empírico, proporcionando un marco para acumular aprendizaje.

Los sistemas de innovación se reconocen cada vez más como sistemas adaptativos complejos, en los que no se puede esperar que las intervenciones creen impactos lineales predecibles. Sin embargo, los modelos lógicos y la TC utilizados por las agencias internacionales, suponen que los cambios en el ámbito del desarrollo sostenible requieren de enfoques dinámicos y flexibles, conscientes de la complejidad para el monitoreo y la evaluación de las intervenciones (Douthwaite y Hoeffcker, 2017).

Reconociendo que la interacción entre los individuos y las organizaciones en pro de un cambio es compleja, la TC, también conocida como desarrollo base, explica cómo las actividades producen una serie de resultados que contribuyen a lograr los impactos finales previstos. Puede elaborarse para cualquier nivel de intervención, ya se trate de un acontecimiento, un proyecto, un programa, una política, una estrategia o una organización (Rogers, 2014).

La TC en tanto un enfoque general, no es nueva. Su evolución se basa en dos corrientes de desarrollo y práctica de programas sociales: evaluación y acción social informada.

Desde la perspectiva de la evaluación la TC es desarrollada a partir de la década de 1960. Los enfoques tratan de explicar cómo los planificadores de programas ven los vínculos entre las entradas y resultados, y cómo se pretende que funcionen los proyectos (Funnell y Rogers, 2012).

En su forma más efectiva, la TC combina el mapeo lógico de la secuencia de cambio y una reflexión más profunda sobre los supuestos, teorías y visiones del mundo subyacentes que informan el proyecto. Esto puede explicar por qué una gama tan amplia de organizaciones, desde agencias donantes hasta pequeñas sociedades civiles, han encontrado que la teoría de cambio es un enfoque útil para explorar y aclarar su pensamiento,

sobre el cambio y cómo contribuyen a él en un contexto particular (Douthwaite y Hoeffcker, 2017).

La medición del cambio

Al final de la década de 1990, la Ley de evaluación de la empresa social en los EE. UU. (*ActKnowledge*) se asoció con el Instituto Aspen para establecer una teoría práctica del servicio de evaluación basado en el cambio, para programas sociales.

De acuerdo a la revisión sistemática realizada por Ali, Qureshi y Mustapha (2019), las raíces de SROI como método de evaluación de la TC, se encuentran en el análisis tradicional de costo-beneficio, desarrollado en San Francisco por el Roberts Enterprise Development Fund (REDF), y luego utilizado en una versión modificada por varias empresas. Las pautas para la aplicación de SROI a las empresas sociales en el Reino Unido fueron desarrollados por la New Economic Foundation (Doherty, Haugh y Lyon, 2014).

La función de SROI es determinar y evaluar el valor económico y social generado por una empresa, específicamente una empresa social sin fines de lucro, en una base racional y cuantificable (Wilson y Post, 2013).

La razón detrás de este enfoque es que el impacto tiene tres dimensiones: social, socioeconómica y económico. El resultado final del enfoque es una ecuación que representa el valor generado en términos monetarios por cada unidad de dinero invertida en sus operaciones (Di Domenico, Haugh y Tracey, 2010).

Ali *et al.* (2019), argumentan que el enfoque ayuda a las empresas sociales a desarrollar una idea del nivel de impacto generado por ellas y cómo maximizarlo. Asimismo, las principales contribuciones responsables del desarrollo de SROI contribuyen a una teoría positiva de contabilidad y de análisis costo-beneficio, útil para comprender la creación de valor en una escala más amplia. Para decirlo de otra manera, SROI ayuda a las organizaciones a establecer cómo se generaría valor monetario para el logro de los objetivos de la organización.

Siguiendo con esos autores, ello señalan que se encuentran ciertas limitaciones en la aplicación de este método, e identifican que el principal problema enfrentado es la complejidad involucrada en el análisis. Además, el tiempo y los recursos, junto con personal para completar la tarea.

MÉTODO

Esta investigación fue conducida desde una perspectiva mixta: cualitativa y cuantitativa. De acuerdo con Hernández, Fernández y Baptista, 2014, una perspectiva mixta coadyuva a un mayor entendimiento del fenómeno estudiado, independientemente del enfoque al que se le brinde más peso. Para el análisis de datos se utilizó la herramienta SROI como eje articulador de ambos enfoques.

La información de índole cualitativa se obtuvo mediante entrevistas abiertas, realizadas a diversos actores involucrados: funcionarios públicos, organizaciones no gubernamentales, hogares, contratistas privados, empresas de reciclaje, organizaciones del sector informal y microempresas.

Por su parte, los datos cuantitativos se colectaron mediante la aplicación de cédulas de información a la población del municipio. El período de levantamiento fue en noviembre del 2018, febrero del 2019 y marzo del 2019; e implicó la selección de una muestra representativa de 397 de las 6 932 viviendas del municipio (95 % de confianza). Los criterios de selección de los hogares fueron los estratos socioeconómicos: bajo 31.9 %; medio 46.2 %; alto 21.9 %.

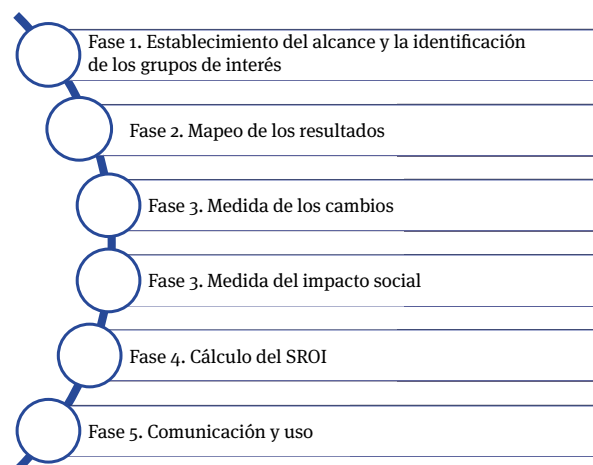
La fase operativa fue coordinada por la Línea de Generación y Aplicación del Conocimiento del Doctorado en Ciencias Ambientales del Instituto Tecnológico de Toluca con el apoyo de 300 encuestadores (estudiantes del mismo instituto).

El instrumento aplicado se compone de dos secciones: características del hogar y formas de gestión de los residuos sólidos urbanos, con 45 reactivos de respuestas múltiples.

Asimismo, se realizaron talleres participativos con *stakeholders* seleccionados, con el objetivo de detectar indicadores *proxy* de costos, para promocionar los cambios que estuvieran dispuestos a realizar en pro del programa GRSU del municipio de Metepec.

Para alcanzar el objetivo de esta investigación se realizó un análisis prospectivo siguiendo las etapas propuestas de SROI, mismas que se exhiben en la figura 1.

Figura 1. Fases para la construcción del diseño y cálculo del SROI



Fuente: elaboración propia con base en Nicholls *et al.* (2009).

Fase 1: Establecimiento del alcance e identificación de grupos de interés

En esta sección se identifican los agentes o grupos de interés, también denominados *stakeholders*, mismos que pudieran encabezar un cambio, positivo o negativo para la GRSU. Así como la descripción de sus respectivos resultados (*outputs*), y las inversiones (*inputs*) que están dispuestos realizar.

Fase 2: Mapeo de cambios

Esta etapa, conocida también como *outcomes*, comprendió la descripción de los cambios que han experimentado los *stakeholders*, y que han sido alcanzados gracias a la ejecución de las actividades y acciones del programa de limpia pública del municipio de Metepec, Estado de México.

Esto implicó elaborar un mapa con los enfoques principales, presentando los cambios: de gobernanza, económicos, sociales y del medio ambiente en su conjunto; que atañen a cada uno de los *stakeholders*. Algunas veces esta relación entre *inputs*, *outputs* y *outcomes* es llamada *teoría del cambio*.

Fase 3: Medida de los cambios

Una vez diseñado el mapa y descritos los *outcomes* de los *stakeholders*, con el fin de asignar un valor a los cambios antes descritos, se indagaron variables aproximadas

denominadas variables *proxy*; es decir, se establecieron valores extraeconómicos para los ámbitos social y ambiental. Estos datos se obtuvieron a partir de los costos que reportan los stakeholders en las actividades propias de cada grupo de involucrados. En algunos casos se utilizaron tarifas ya establecidas, tales como el costo de las multas por contaminación. En otros se recurrió al costeo por capacitación, precio de contenedores, salarios de trabajadores, costo de locales, precio de maquinaria, publicidad, logística de transporte, entre otros.

Fase 4: Medida del impacto social

Los impactos sociales resultan de realizar una ponderación de los efectos de los cambios en los costos y los ingresos, a los que previamente se les asignó un valor extrafinanciero. Incluyendo también aquellos cambios que no necesariamente son atribuidos al programa de limpia pública del municipio; para ello se utilizaron los cuatro correctores propuestos por Nicholls *et al.* (2009), que permiten hacer una prospección a cinco años. Es importante hacer mención que estos valores fueron estimados con información recabada en las encuestas, las entrevistas y los talleres participativos de los stakeholders. Es sólo midiendo y contabilizando todos estos factores como se puede obtener un sentido del impacto que la actividad está teniendo. De lo contrario existe el riesgo de invertir en iniciativas que no funcionan.

El primero de estos correctores corresponde al cálculo del peso muerto (*deadweight*), el cual intenta captar los cambios que se hubiesen producido, aunque el programa no hubiera existido. Es decir, aquellos que por inercia serán promovidos, por ejemplo, las normas legales.

El segundo implica la estimación de la atribución (*attribution*), que muestra la proporción de los resultados que no pueden atribuirse de manera directa a las acciones del programa, ya que existen otros agentes en el contexto que participan en su consecución.

El tercero se orienta a la determinación del decrecimiento (*drop off*), que exhibe el decrecimiento en el tiempo, a manera de depreciación; es decir, el porcentaje de duración del outcome previamente calculado.

El cuarto manifiesta el desplazamiento (*displacement*), que registra la proporción de los cambios que desplazan a determinados stakeholders, luego entonces si se determina la existencia de un desplazamiento, seguramente

es realizado por un stakeholder que recién se incorpora al programa.

Fase 5: Cálculo del SROI

Habiendo realizado los cálculos de los cambios principales, tanto de los ingresos esperados, como de los costos incurridos, se obtuvieron dos indicadores que muestran el valor financiero de los costos y los beneficios sociales: el Valor Actual Neto (VAN) de los impactos (Ec.1); y el SROI. Para la estimación del VAN se procede a calcular los valores descontados de los ingresos totales menos los costos totales; que de acuerdo con Stern (2007) debe ser no menor al 3 %, durante un periodo de cinco años.

$$VAN \text{ (Valor Actual Neto)} = \frac{\text{Valor del impacto (año1)}}{(1+r)} + \frac{\text{Valor del impacto (año2)}}{(1+r)^2} + \frac{\text{Valor del impacto (año3)}}{(1+r)^3} + \dots + \frac{\text{Valor del impacto (año n)}}{(1+r)^n} \dots \dots \text{ (Ec.1)}$$

Finalmente se calcula el SROI, dividiendo el VAN entre la inversión total que se obtuvo de la Fase 2 (Ec.2).

$$SROI = \frac{VAN}{\text{Inversión total}} \dots \dots \dots \text{ (Ec. 2)}$$

RESULTADOS

De acuerdo con la encuesta realizada se encontró que, en los hogares de Metepec, 67.6 % considera que tanto los ciudadanos y los ayuntamientos deben hacerse responsables de la gestión de los RSU, 68 % usan bolsas para almacenar sus RSU. Existe una variedad de argumentos por los cuales las personas no separan sus RSU: 12 % contestó que es por falta de tiempo; 7.8 % porque el recolector se los lleva, y 70.5 % los entrega al ayuntamiento. Es decir, el municipio asume la responsabilidad del manejo de los RSU y los hogares no tienen la cultura del manejo de sus residuos.

Otros datos expresan la inadecuada infraestructura municipal, ya que 56.9 % considera que los camiones recolectores no son adecuados. A pesar de ello, 45.8 % opina que el servicio es bueno. Un hecho interesante es que la población estaría dispuesta a asumir un costo extra por el cobro de recolección, pues sólo 23.2 % se niega al cobro por recolección de RSU. Otros indicadores sugieren que el 35 % de la población está a favor de un cambio en el tipo de recolección, a 49.6 % le gustaría participar en un comité, 68.1 % está dispuesta a capacitarse.

Observando estos datos es claro que los residentes de

Metepec están dispuestos a cambiar mediante la capacitación y la organización social. También es manifiesto que los habitantes están dispuestos a asumir el costo, por lo que la capacitación, el cobro por colecta, la participación ciudadana y la implementación de multas son fundamentales para una adecuada GIRSU.

Fase 1. Establecimiento del alcance e identificación de grupos de interés

El estudio de campo con los grupos de interés permitió recabar información sobre lo qué hacen, cómo lo hacen y lo que estarían dispuestos a cambiar. En la tabla 1 se presentan los grupos de interés que se seleccionaron como los principales actores, y se resume para cada uno de ellos los cambios principales que estarían dispuestos a realizar para coadyuvar a la GIRSU municipal.

Tabla 1. Grupos de interés y sus alcances para mejoras de la GIRSU

Grupos de Interés	Cambios Principales	Inversión USD
Residentes de Metepec, jefes de familia	- Pago de multas por mal manejo de RSU. - Incentivos para que las personas separen sus residuos reciclables. - Capacitación en temas ambientales y separación de sus RSU. - Integración con el gobierno.	433 196.86
Pequeñas, medianas y grandes empresas	- Pago al ayuntamiento por servicio de recolección de sus RSU. - Pago de multas por mal manejo de RSU.	1 285 807.63
Tianguis, mercados y restaurantes	- Separación y entrega al ayuntamiento de sus residuos orgánicos. - Pago de multas por mal manejo de RSU.	4 976.48
Asociaciones	- La población hace labor social.	953
Autoridad local	- Elaboración y aplicación de reglamento de limpia pública y programa de gestión. - Incentivos para los trabajadores. - Publicidad del programa de gestión para separar los RSU. - Envío de RSU al relleno sanitario (Resa) - Administrar de manera funcional sus recursos humanos. - Procesar los residuos orgánicos para hacer composta.	2 262 587.77
Empresa privada especializada en manejo de RSU	- Incorporar empresas especializadas al municipio. - La autoridad permite incorporar una industria para fabricación de combustible a partir de plásticos. - Generación de nuevos empleos. - Compra de maquinaria para reciclar. - Creación de un centro de valorización que: separa, distribuye y comercializa los residuos antes de llevarlos a su destino final. - Supervisión e inspección de los trabajadores. - Recolección de residuos de manejo especial (electrónicos, muebles, etc).	649 745.95
Centros de acopio	- Se formalizan en el manejo de RSU.	23 624.40
Relleno Sanitario	- Disminución de envíos al Resa.	22 837.17
Segregadores	- Incorporación y formalización al proceso de manejo.	9 409.30
Propaem	- Inspección a los centros de acopio u otra organización.	376.37
Escuelas	- Estudiantes de servicio social hacen la labor de capacitar a la población. - Separar sus RSU y ser centros de acopio.	30 632.51
Jóvenes becarios del gobierno federal	- Becarios del gobierno federal, Programa Jóvenes Construyendo el Futuro, apoyan al departamento de limpia pública en áreas administrativas y actividades de campo.	11 291.17
Total inversión		4 735 439.09

Fuente: elaboración propia.

Lo anterior corrobora que los grupos interesados en la GIRSU son los agentes de cambio, como lo reportan varios trabajos (Sujauddin, Huda y Hoque, 2008; Shekdar, 2009; Geng *et al.*, 2009; Tai *et al.*, 2011). La organización del sector informal y la promoción de microempresas son mencionadas por Sharholi *et al.* (2008), como formas efectivas de extender los servicios asequibles de recolección de residuos. Mientras que González-Torre y Adenso-Díaz (2005), aseveran que las influencias sociales, los factores altruistas y reguladores; son algunas de las razones por las cuales en ciertas comunidades se desarrollan fuertes hábitos de reciclaje.

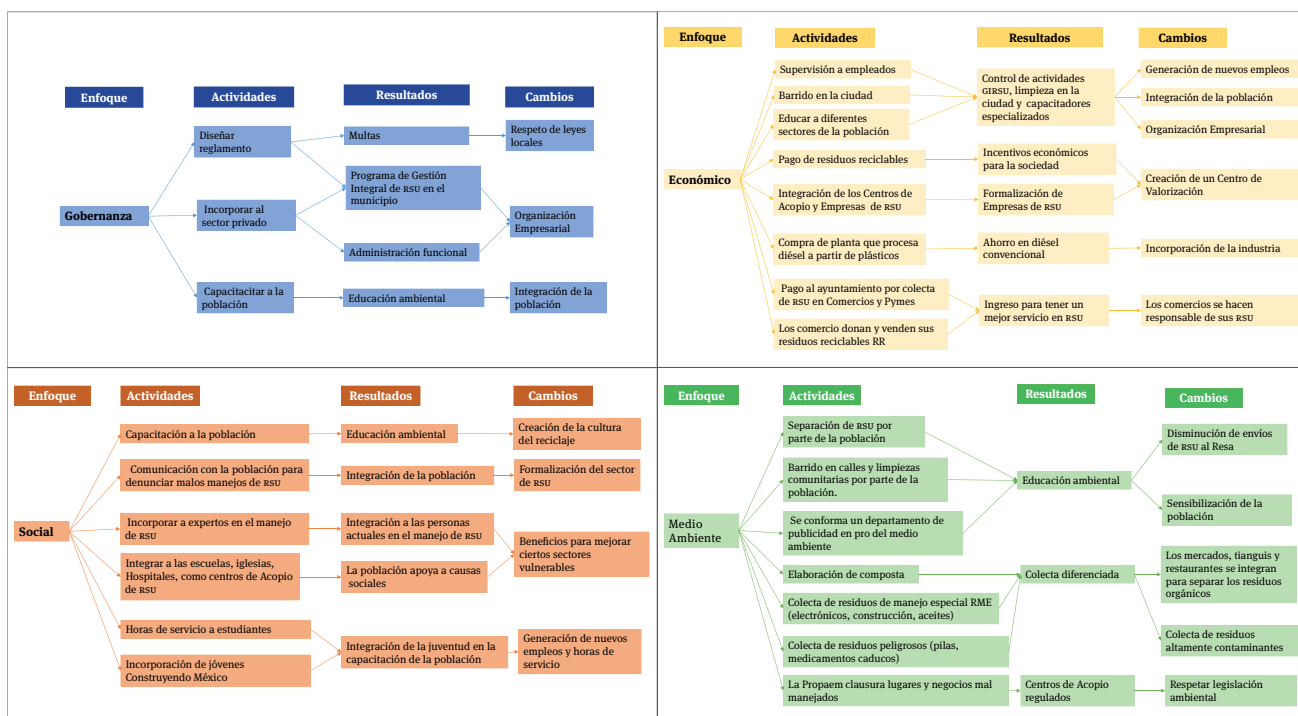
En esta investigación además de los principales grupos de interés antes mencionados, se consideraron a las escuelas y a los jóvenes, quienes pueden apoyar para el

acercamiento entre la población y el gobierno; y aunque, no se incluyó a las instituciones de salud, y economía, estos actores tal como lo proponen Geng *et al.* (2009), podrían ser un factor clave para el desarrollo de políticas para la agenda 2030 de la ONU en tiempos de la nueva normalidad del COVID-19.

Fase 2. Mapa de cambios

Una vez detectados los grupos de interés se integraron en un mapa de cambios con los principales enfoques para lograr un desarrollo sustentable (gobernanza, económico, social y medio ambiente), lo que permitió detectar las principales actividades que deben realizar en conjunto (figura 2).

Figura 2. Mapa con enfoque sustentable de cambio social



Fuente: elaboración propia.

En el enfoque de gobernanza mostrado en la figura 2, es importante que se elaboren y se hagan cumplir los reglamentos en cuanto a la GIRSU en los tres órdenes de gobierno; sobre todo a nivel municipal, donde se debe elaborar un reglamento de limpia pública y un plan de gestión que considere la aplicación de multas, cobros, capacitaciones a la población en general, y la incorporación de agentes privados que permitan una adminis-

tración funcional, para así poder integrar a los grupos de interés de manera puntual.

A continuación se describen algunos casos de éxito, donde la aplicación de las tarifas a los actores ha sido crucial para disminuir los envíos al Resa y mejorar la GIRSU: en Estados Unidos, con el sistema *Pay-As-You-Throw* (PAYT), la reducción de envíos fue entre 25 % y 45 %; Dinamarca 26 %; Chile 30% (Secretaría de Medio

Ambiente y Desarrollo Territorial [Semadet], 2018).

Para el enfoque económico (figura 2) es importante tener un control de las actividades para la GRSU, mediante la supervisión, limpieza de la ciudad y la integración de la población, trabajadores, comercios y sectores que trabajan en la recolección y venta de residuos reciclables, además de la capacitación continua, cobros e incentivos, a fin de formalizar este sector por medio de la incorporación de un centro de valorización municipal e integrar una planta para procesar diésel a partir de plásticos, lo que permitiría incluir plásticos no valorizables en este proceso. Dicha tecnología de despolimeración catalítica fue realizada por el científico mexicano Eduardo Sahagún Cisneros quien ya patentó el proceso (Sahagún, 2020).

Para el enfoque social (figura 2) es importante enfatizar la educación ambiental a través de programas dirigidos a la población, y fomentar la cultura del reciclaje, a fin de inducir la gestión de sus RSU, tal como lo mencionan González-Torre y Adenso-Díaz (2005). Al incluir las influencias sociales para verificar una adecuada gestión. Así como integrar a expertos en RSU y estudiantes, sumar a los segregadores informales, a los centros de acopio y a las microempresas, con el objetivo de trabajar en conjunto para realizar un adecuado manejo de los RSU (Sharholly *et al.*, 2008).

En el enfoque medioambiental (figura 2) es primordial valorar la reducción de los envíos de RSU a los Resa y/o tiraderos a cielo abierto, por lo que es esencial trabajar en la parte de educación ambiental, para que la población en general conozca el problema que conlleva confinarlos de manera inadecuada y los riesgos de salud que esto implica. Tal como lo menciona Sujauddin *et al.* (2008), al incluir a los hogares en la gestión de RSU, el municipio se verá obligado a institucionalizar la colecta diferenciada de residuos orgánicos, residuos reciclables, residuos no reciclables y residuos de manejo especial (pilas, medicamentos, electrónicos, muebles voluminosos); así como de residuos orgánicos en restaurantes, tianguis y mercados. Es importante que la Procuraduría de Protección al Ambiente del Estado de México (Propaem) haga respetar la legislación ambiental e inspeccione que todos los involucrados realicen de manera adecuada el manejo de sus RSU.

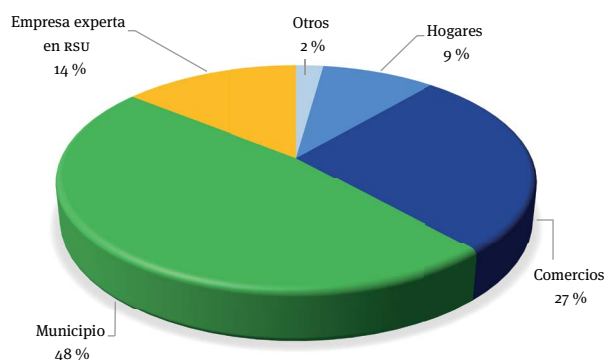
En contexto con el caso mexicano, este aspecto no está considerado dentro de su legislación y aún tiene

algunas debilidades; por ejemplo, los productos a los que puede aplicarse la REP (Responsabilidad Extendida del Productor). Esto ha causado que exista poca claridad en el manejo de pilas, baterías, neumáticos fuera de uso, envases, embalajes, y electrodomésticos (Rondon y Turcott, 2017).

Para las dos primeras fases el cálculo de la inversión se monetizó gracias a la información que cada stakeholder compartió, resultando un total de 4 735 439.09 USD (tabla1), lo que representa las participaciones de todos los grupos de interés, para poder realizar el programa de limpieza pública, donde la autoridad local invierte 47 %, los comercios grandes, medianos y pequeños 27 %, la empresa experta en RSU 14 %, y los residentes de Metepec 9 % (gráfica 1). Cabe distinguir que ciertos grupos de interés como el Resa, los centros de acopio y la Propaem no son exclusivos de Metepec, por lo que su inversión se dividió entre sus clientes potenciales.

Cabe mencionar que la inversión actual de la Propaem para la contratación de inspectores, no es suficiente para regular las leyes de protección ambiental locales, lo que representa un tema importante para promover la contratación de nuevos inspectores en el ámbito federal.

Gráfica 1. Distribución de la inversión Total GRSU Metepec



Fuente: elaboración propia.

Fase 3: Medida de los cambios

De acuerdo con los cambios listados en la tabla 1 y en la figura 2, se eligieron indicadores claves para poder otorgarles valores y medir el cambio a través de variables proxy. En la figura 3 se listan los indicadores elegidos para cada cambio, con sus unidades y los valores estimados respectivamente, los cual se expresa en la figura 3.

Figura 3. Valor de los cambios

Cambios	Indicador	Valor del cambio "proxy"
1.- Respeto de leyes locales	1.- Multas aplicadas por mal manejo de RSU	1.- Costo total de las multas aplicadas
2.- Organización Empresarial	2.- Trabajadores integrados y capacitados	2.- Quejas por mal servicio
3.- Integración de la población	3.- Ciudadanos vigilan el mal manejo de RSU	3.- Multas intervenidas
4.- Nuevos empleos	4.- Empleados nuevos para el MIRSU de Metepec	4.- Empleos nuevos con servicio médico
5.- Centro de Valorización	5.- Cuota por mantener el Centro de Valoración	5.- Mantenimiento Centro Valorización.
6.- Incorporación de la industria	6.- Precio de la planta de producción de diésel	6.- Costo por producir un litro de diésel menos su precio
7.- Comercios se hacen responsable	7.- Comercios que pagan por servicio de recolección	7.- Cuota promedio por colecta
8.- Creación de la cultura del reciclaje	8.- Incentivos a la población de Metepec	8.- Bonos a hogares separan sus residuos
9.- Formalización del sector de RSU	9.- Permisos por Propaem	9.- Precio de los permisos
10.- Beneficios econ. sector vulnerable	10.- Segregadores registrados y autorizados	10.- Pago a Segregadores
11.- Nuevos empleos	11.- Jóvenes integrados en el proyecto	11.- Pago a jóvenes del Programa
12.- Disminución de envíos al Resa	12.- Cantidad de residuos pagados a Resa	12.- Toneladas ahorradas de envío al Resa
13.- Sensibilización de la población	13.- Capacitaciones	13.- Costo de capacitación a hogares y comercios
14.- Comercios y restaurantes separan residuos orgánicos	14.- Toneladas composteadas	14.- Venta anual de composta
15.- Respetar legislación ambiental estatales y federales	15.- Clausuras a organizaciones con mal manejo	15.- Multas por clausuras

Fuente: elaboración propia.

El respeto a las leyes dependerá del número de multas aplicadas por el mal manejo de RSU, por lo que el valor de cambio proxy será el costo total de las multas aplicadas por tirar basura en la calle, que para este estudio se les otorga un valor de 42 USD. El sustento para tal dato es que, en el municipio de Orizaba, Veracruz, ya existe una multa administrativa que va de veinte a sesenta mil días de salario mínimo general y que está publicada en el Reglamento de Limpia Pública de Orizaba (Ayuntamiento de Orizaba, 2014). Un ejemplo internacional es el caso de Suiza, donde deshacerse de 5 kg de RSU sin reciclar tiene un costo entre 2 y 3 dólares (LYRSA Derichebourg, 2018).

La organización empresarial se medirá a partir de los trabajadores integrados, capacitados y bonificados; lo que se reflejará en número de quejas de los ciudadanos por el mal servicio, este número debe ser lo menor posible para valorar una buena gestión de RSU.

La integración de la población dependerá del número de ciudadanos que reportan el mal manejo de RSU, lo que se contabilizará de acuerdo al número de multas intervenidas, donde el municipio deberá buscar los elementos jurídicos para que se lleve a cabo su aplicación.

La generación de nuevos empleos en el sector se medirá de acuerdo al aumento de números de empleados con servicio médico y/o con número de cuenta bancaria, que para este estudio, de acuerdo con el municipio y la

empresa especialista en RSU, deberían al menos contratar 222 personas, entre: segregadores, barrenderos y supervisores, los cuales tienen salarios mensuales entre 280 y 520 USD; además de integrar a los 120 segregadores informales que actualmente están registrados en el municipio, donde la propuesta es que se conviertan en aliados para integrarlos en la gestión de RSU en el municipio, y darles las herramientas necesarias para que hagan su labor.

El centro de valorización municipal dependerá de la cuota de mantenimiento anual para mantenerse en funcionamiento, que al menos debe ser de 18 819 USD anuales, de acuerdo con los datos proporcionados por la empresa experta en RSU.

Al mismo tiempo, se integraría la incorporación de la industria para producir diésel con al menos una producción de 1 t por turno (1 080 t/año), lo que representaría un ahorro en diésel convencional de 1 298 108 USD anuales, de acuerdo con los datos proporcionados por la empresa experta en RSU.

Los comercios se harían responsables y pagarían por el servicio de recolección de sus RSU, en principio sólo se contabilizaron 1 840 Pymes que representan 30 % del municipio. con una cuota anual de 627 USD c/u; y 15 comercios grandes que representan igualmente 30 %, con una cuota anual de 4 391 USD c/u, de acuerdo con

los datos proporcionados para la primera fase del programa de limpia pública por parte de los representantes de Metepec y la empresa experta en RSU.

La creación de la cultura del reciclaje dependerá del número de incentivos a la población, es importante mencionar que para este estudio solo se contabilizó la cabecera municipal, la cual comprende 5 359 hogares, que en promedio podrían recibir un apoyo de 105 USD anuales por c/u, de acuerdo con el trabajo de campo realizado con los residentes en un fraccionamiento de estrato medio-alto en Metepec y en la cabecera de Mexicaltzingo en el Estado de México, este último sin estrato definido (Hochstrasser, De la Rosa y Hernández [inédito]).

La formalización del sector RSU dependerá de los permisos por parte de la Propaem. Para este estudio sólo se preguntó por los permisos y montos a dos centros de acopio, uno formal y otro informal, dentro del municipio, debido a que coincidieron en que el costo por permiso es de 52.28 USD anuales. Sin embargo, comentaron que el trámite es largo y poco flexible, lo cual puede ser la razón por la que prevalece la informalidad en México.

Los beneficios económicos para ciertos sectores vulnerables, dependerá del número de segregadores registrados y autorizados, actualmente, en Metepec son 120 y cada uno invierten en la compra de un carrito recolector 104.55 USD para manejar sus residuos; esta información fue arrojada por el trabajo de campo.

La generación de nuevos empleos y horas de servicios para jóvenes dependerá del número de alumnos de servicio social, para este estudio se estimaron 400 alumnos de servicio social que requieren 450 horas, trabajo que se contabiliza a 470.46 USD/alumno, de acuerdo con el pago de becas Conacyt. Para el caso del programa federal Jóvenes Construyendo el Futuro se contabilizó a 10 jóvenes que representan una inversión de 2 258 USD/joven/año (Gobierno de México y Secretaría del Trabajo y Previsión Social [STPS], 2019).

La disminución de envío de RSU al relleno sanitario (Resa) se obtuvo con base en la cantidad de toneladas que el municipio pagaba por depositar sus residuos. Con la puesta en marcha del Programa GIRSU en Metepec, se estima que en el período 2020 a 2024, el municipio tendrá un ahorro de 60 % en el costo por depósito de residuos en el Resa. Si a estos hechos agregamos que en la situación actual de pandemia de la Covid-19, se han incrementado los desechos de guantes, cubrebocas y

todo tipo de residuos sanitarios. Es entonces que, cobra más ímpetu la implementación de la gestión de los residuos sólidos urbanos.

La sensibilización de la población dependerá del número de capacitaciones (en hogares, comercios, escuelas); para este estudio solo se contabilizaron 16 077 hogares, lo que representa el 30 % de la población, de acuerdo con la información de Catastro Metepec para el 2019.

Los mercados, tianguis y restaurantes se integran para separar los residuos orgánicos y esto depende de las toneladas generadas; para este caso al menos se deben compostear 2 352 t/día, considerando que el precio de venta por costal en el mercado local es de 78.41 USD, podría representar una venta de 184 422 USD anuales.

Otro cambio esperado se refiere al respeto de la legislación ambiental, cuyo indicador serán las clausuras, y el valor proxy las multas aplicadas por mal manejo a todos los grupos de interés.

Fase 4: Medida del impacto social

Los impactos de los cambios se realizaron de acuerdo con los costos y los ingresos que estos representan. Cabe enfatizar que los mismos grupos de interés fueron quienes sugirieron estos porcentajes y opciones de cambio con el fin de estimar el valor actual de los impactos estructurados en este estudio. Por una parte, se identificaron los ingresos totales que los agentes de cambios pueden atribuir en su conjunto (tabla 2).

Tabla 2. Ingresos totales descontados en USD

Cambios	Peso Muerto (%)	Atribución (%)	Decrecimiento (%)	Impacto Total
	¿Qué habría sucedido sin la actividad?	¿Quién más contribuiría al cambio?	¿Decrecerá el outcomes en años futuros?	Cantidad multiplicada por proxy financiero, menos peso muerto, desplazamiento y atribución
La población paga la multa.	0	0	0	6 272.87
Los comercios pagan la multa.	100	0	0	1 045.43
La autoridad hace respetar las leyes de limpia local.	0	0	0	4 181.91
Los comercios se hacen responsables				
Pago al ayuntamiento por colecta de residuos comerciales de Pymes.	100	60	0	461 683.22
Pago por colecta por residuos comerciales de gran escala.	100	100	0	65 865.13
Los comercios se involucran con el ayuntamiento, donando y vendiendo sus residuos reciclables.	0	0	0	122 320.96
Disminución de envíos al Resa	60	60	0	76 787.54
Beneficios económicos para ciertos sectores vulnerables y generación de empleo en el sector de residuos reciclables				
Apoyo colectivo a la sociedad.	0	0	0	395.19
La empresa les vende a los centros de acopio.	0	0	0	191 636.17
Los centros de acopio compran y distribuyen los residuos reciclables.	90	90	20	313.64
Los segregadores se incorporan al proceso de manejo de RSU y generan su propio empleo.	0	60	0	240 878.20
Incorporación de la industria				
Ahorro en combustible fósil.	0	0	0	1 296 107.68
Generación de nuevos empleos y horas de servicio				
Horas de servicio de estudiantes.	0	0	0	188 186.10
El Programa Jóvenes Construyendo el Futuro como instrumento de apoyo para limpia pública y educación de la ciudadanía.	0	0	0	18 818.61
Los mercados, tianguis y restaurantes se integran para separar los residuos orgánicos (hacer composta)				
Los mercados entregan sus RSU al ayuntamiento.	0	0	0	184 422.37
La autoridad comercializa composta.	0	0	0	127 025.61
INGRESOS TOTAL				2 991 408.77

Fuente: elaboración propia.

Cabe mencionar que es importante la incorporación de multas en todos los grupos de interés, así como el cobro por el servicio de recolección, tanto para comerciantes y residentes. Sin embargo, en el municipio de Metepec por razones políticas las autoridades no consideran pertinente el cobro, por lo que no está incluido en el análisis. Aunque, como se mencionó anteriormente, hay países y municipios en México que realizan el cobro del servicio, tal como el caso del departamento de limpia pública de Orizaba, quienes cobran el servicio de recolección en casa habitación, comercios (chicos, medianos y grandes), y este manejo es proporcionado por el mismo ayuntamiento, sin tener que concesionar, siendo un caso ejemplar para replicar (Ayuntamiento de Orizaba, 2014).

Por otra parte, cabe resaltar que si se llevase a cabo la gestión propuesta; el municipio podría ahorrarse hasta 60 % de envíos al Resa, lo que representaría un ahorro considerable. Sus gastos actuales reportados son 1 530 400 USD anuales para todo el manejo, considerando desde la recolección hasta su disposición final (Ayuntamiento de Metepec 2019-2021, 2019); esto representaría un ahorro por envío al Resa de 240 537.9 USD anuales. Recurso que estaría disponible para el municipio y especialmente para el departamento de servicios públicos.

Se recomienda una relación con la sociedad donde los residentes podrían beneficiarse a través de bonos e incentivos, para que separen sus RSU desde el origen; así como incluir a ciertos sectores vulnerables como segregadores informales y centros de acopio, los cuales actualmente están en riesgo, ya que no cumplen los requisitos normativos por falta de integración entre las partes. Por lo que una propuesta es que el ayuntamiento asuma comprar los residuos reciclables a un precio competitivo con el fin de evitar la informalidad.

En el caso de Orizaba existe un programa de Basura y Predial (BYP), el cual se ha institucionalizado, permitiendo incentivar a la población a valorizar y desarrollar la cultura de la segregación desde el origen (Ayuntamiento de Orizaba, 2014).

La incorporación de la industria es un factor importante, ya que, al introducir una planta de tratamiento de generación de diésel y gasolina a partir de plásticos se puede generar un ahorro considerable, el uso sería en los vehículos del ayuntamiento ya que este tipo de diésel no puede ser de uso comercial (Sahagún, 2020).

La incorporación de jóvenes a la GIRSU es importante, se puede realizar capacitación casa por casa, inspección y limpieza de la ciudad con apoyo de estos jóvenes; además de sensibilizar a la población en general, el Programa de Jóvenes Construyendo el Futuro podría ser de gran utilidad para el desarrollo de temas ambientales.

La separación de residuos orgánicos en restaurantes, tianguis y mercados puede ser un primer paso para que la Dirección de Medio Ambiente de Metepec elabore al menos 2 352 t/año de composta, la cual es posible vender o utilizar en las áreas verdes. De acuerdo con Rodríguez y Córdova (2006), el compostaje puede ayudar en dos objetivos principales: el primero está relacionado con la disposición final, ya que reduce la cantidad de residuos y consecuentemente el impacto por la menor generación de metano, principal gas de efecto invernadero, producido por la degradación anaerobia en el Resa. El segundo se refiere al mejoramiento de suelo en la agricultura y el mantenimiento de parques y jardines, entre otras posibilidades. Sin embargo, el conocimiento del proceso no ha sido ampliamente difundido entre los miembros de las administraciones públicas municipales, quienes tienen las mayores oportunidades de fomentar el desarrollo del compostaje de residuo orgánico, dadas las características legales y administrativas en este país.

En la tabla 3 se presentan los costos totales que los agentes de cambios pueden atribuir en su conjunto; con los ajustes por peso muerto, atribución y decrecimiento.

Tabla 3. Costos totales descontados en USD

Conceptos/ Porcentajes	Peso Muerto	Atribución	Decrecimiento	Impacto Total
Integración, sensibilización de la población y creación de la cultura de reciclaje				
Los bonos intercambiables son un incentivo para el fomentar el reciclaje en los hogares.	0	0	0	560 271.82
Los residentes de los hogares capacitados separan los RSU y barren sus calles.	40	60	0	20 169.79
La población separa sus RSU.	100	60	0	678.91
Los empleados de los mercados se capacitan para separar.	0	0	0	1 463.67
Los trabajadores de comercios se capacitan para separar RSU.	0	0	0	7 841.09
Educación ambiental hacia el reciclaje casa por casa.	0	0	0	49 022.48
Organización Empresarial				
La administración de recursos humanos. es funcional para el manejo de RSU.	0	0	0	4 641.92
El departamento de limpia pública maximiza sus recursos.	0	0	0	319 325.14
La empresa crea un departamento de comercialización y publicidad para la ciudad.	0	0	0	5 227.39
El programa GRSU se institucionaliza.	0	60	0	268 930.44
Generación de nuevos empleos en el sector de residuos reciclables				
La empresa genera nuevos empleos.	0	0	0	301 097.75
Creación del centro de valorización de RSU				
Separación, distribución y comercialización de los RSU.	0	0	0	18 818.61
Incorporación de la industria				
Combustible a base de plástico.	0	0	0	235 232.62
Formalización del sector RSU				
Centro de acopio 1 cumple con la ley.	0	0	0	1 568.22
Centro de acopio 2 cumple con la ley.	0	70	20	9 785.68
Respetar legislación ambiental				
La Propaem clausura empresas por mal manejo de RSU.	90	90	20	10.45
COSTOS TOTALES				1 804 085.98

Fuente: elaboración propia.

Debido a la percepción de que los bonos e incentivos a la sociedad, empleados, comerciantes y sectores relacionados con el manejo de RSU representan un costo para el municipio, se genera una relación empática entre estos actores. La capacitación sobre la separación de sus RSU desde origen, con base en las normas oficiales mexicanas, genera una organización empresarial entre éstos, facilitando la administración del recurso humano.

Cabe enfatizar que la empresa especialista en RSU puede generar todo el tren de tratamiento de los residuos, la comercialización, la publicidad, y subproductos como la generación de diésel a partir de plásticos. A la par que se genera un *centro de valorización*, donde se separarían, distribuirían y comercializarían los residuos reciclables, y se procesarían los residuos orgánicos por medio del compostaje, todo esto en el entendido que tendría que cumplir con los requisitos legales para su

funcionamiento.

Por último, es indispensable respetar la legislación ambiental por parte de la Propaem, ya que ante los incumplimientos observados de la norma se hacen acreedores a clausuras; además que se requiere invertir en un mayor número de inspectores.

Fase 5. Cálculo del SROI

Una vez calculados los cambios principales, tanto de los ingresos totales 2 991 408.7 USD, como de los costos totales 1 804 085.9 USD, se realizó la proyección financiera para el periodo 2020-2024. En la tabla 4 se desglosan los ingresos y los costos de los principales cambios en un lapso de cinco años, con una tasa de descuento del 3 %, propuesta por el economista Nicholas Stern (Stern, 2007).

Tabla 4. Cálculo del SROI a cinco años

INGRESOS	Cálculo del retorno social (USD) (tasa de descuento 3 % Stern)				
	2020	2021	2022	2023	2024
Respeto leyes locales.	11 165.25	10 524.32	10 217.79	9 920.18	9 631.24
Los comercios son responsables.	630 941.08	594 722.48	577 400.47	560 582.98	544 255.32
Disminución de envíos al Resa.	182 738.64	172 248.70	167 231.74	162 360.92	157 631.96
Beneficios para sectores vulnerables.	420 605.06	396 460.61	384 913.21	373 702.15	362 817.62
Incorporación de la industria.	1 260 298.72	1 223 590.99	1 187 952.42	1 153 351.86	1 119 759.09
Servicio social jóvenes.	200 975.44	189 438.63	183 921.00	178 564.08	173 363.18
Hacer composta con RSO.	302 376.69	285 019.03	276 717.50	268 657.77	260 832.79
INGRESOS TOTALES	3 008 780.21	2 921 145.83	2 836 063.91	2 753 460.11	2 673 262.24
COSTOS	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Cultura de reciclaje.	620 823.06	585 185.28	568 141.05	551 593.25	535 527.43
Organización empresarial.	580 703.79	547 369.02	531 426.23	515 947.80	500 920.19
Nuevos empleos.	292 327.91	275 547.10	267 521.45	259 729.57	252 164.63
Centro de valorización.	18 270.49	17 221.69	16 720.09	16 233.10	15 760.29
Incorporación de la industria.	219 776.25	207 160.19	195 268.35	184 059.15	173 493.40
Formalización del sector RSU.	11 023.20	10 390.42	10 087.79	9 793.97	9 508.71
Legislación ambiental.	16.24	15.31	14.86	14.43	14.01
COSTOS TOTALES	1 742 934.86	1 685 954.96	1 630 991.42	1 577 965.04	1 526 800.10

Fuente: elaboración propia.

Como se muestra en la tabla 5 se obtuvieron los valores descontados de los ingresos totales menos los costos totales en cada año para obtener el VAN (Ec.1), resultando

de 6 028 065.9 USD. Finalmente se obtuvo un SROI de 1.27, dividiendo el VAN entre la inversión total que fue de 4 735 439.1 USD (Ec.2).

Tabla 5. Retorno social de la inversión USD

Años	2020	2021	2022	2023	2024
Valores Descontados	1 265 845.3	1 235 190.8	1 205 072.4	1 175 495.0	1 146 462.1
VAN					6 028 065.9
Retorno Social					1.27

Fuente: elaboración propia.

El retorno social de la inversión indica que, por cada dólar invertido se recuperarán 27 centavos de dólar, por lo que éste es mayor a 1 y mayor a la tasa propuesta por Stern (2007) de 0.3. El SROI obtenido para el Programa de limpia pública del municipio de Metepec, Estado de México, es ampliamente sustentable financiera, social y ambientalmente. Conforme a lo anterior, es importante invertir en este tipo de sectores para que las generaciones futuras no se vean afectadas.

CONCLUSIONES

Más allá del reto que implica analizar la complejidad de los agentes, los fenómenos socioeconómicos, ambientales y políticos que afectan al tema de manejo de RSU. Este estudio logró estimar una aproximación del valor social del Programa de limpia pública de Metepec, Estado de México, para el período 2020 a 2024.

Aplicando el SROI para la valoración social, se identificaron cambios a través de indicadores y variables proxy, que permiten la medición de ingresos y costos que antes no se podían cuantificar. Esto redundo en que los diseñadores de políticas, administradores públicos y evaluadores del sector social para programas similares, posean

elementos fiables para la mejor toma de decisiones.

En este sentido, la inversión total resultó ser 4 735 439.09 USD. Los ingresos totales sumaron 2 991 408.7 USD, mientras los costos totales 1 804 085.9 USD. El VAN resultó ser 6 028 065.9 USD, con la sumatoria de estos valores descontados a cinco años. El SROI prospectivo a cinco años con una tasa de descuento de 3 %, resultó de 1.27. Estos datos revelan que, por cada dólar invertido en el proyecto se recuperan más de 27 centavos de dólar. Por lo que el SROI prospectivo en el proyecto de limpia pública de Metepec, es ampliamente sustentable social, financiera y ambientalmente.

Así, esta metodología permite avanzar en el planteamiento de mecanismos, estrategias y tecnologías capaces de aminorar el problema, y poder articular a los agentes de cambio en la gestión de los RSU. Lo que resulta en una herramienta para que los gobiernos puedan medir el valor social y poder identificar, adjudicando un valor monetario a lo social, económico y ambiental, los ingresos y costos creados por una o varias organizaciones.

Los grupos de interés propuestos son: los residentes de Metepec, los comercios (pequeños, medianos y grandes), los tianguis, mercados y restaurantes, las asociaciones (iglesias), la autoridad local, una empresa experta en el manejo de residuos, centro de acopio de la ciudad, el relleno sanitario, los segregadores informales, la Pro-paem, escuelas, estudiantes, y los jóvenes becados por el gobierno federal, quienes se integran al proyecto, y en conjunto realizan actividades para lograr los cambios principales de acuerdo a diferentes enfoques, para lograr el desarrollo de la GRSU desde el punto de vista de gobernanza, económico, social y ambiental.

De acuerdo con las actividades y los resultados en el mapa de cambios se pueden destacar: respeto a leyes locales y ambientales, organización empresarial, integración de la población, generación de nuevos empleos, creación de un centro de valorización, incorporación de la industria, mayor responsabilidad del manejo de los residuos por parte de los comercios, creación de la cultura del reciclaje, formalización del sector, beneficios para mejorar ciertos sectores vulnerables, integración de la juventud, disminución de envíos de RSU al Resa, sensibilización de la población, los mercados, tianguis y restaurantes se integran para separar los residuos orgánicos y la colecta de residuos altamente contaminantes.

En el plano técnico permite visualizar el conocimiento en la formulación de toma de decisiones para el apoyo a proyectos operativos sobre la GRSU, que acceden a reembolsar a la sociedad beneficios sociales y ambientales.

Algunas de las limitaciones de este trabajo son que no se precisa la forma de cómo construir las capacidades de aprendizaje social para el manejo de los RSU, tampoco se incorpora la perspectiva holística de los beneficiarios y del medio ambiente. Quedan pendientes también, aspectos sobre el bienestar y comportamiento del individuo ante los cambios, así como una revisión sobre los efectos y modificaciones en la estructura presupuestal administrativa municipal. Además de la estandarización de los instrumentos de captación de información para cualificar y cuantificar las variables proxy. Así como la aplicación de tasas de retorno adaptadas a México.

También falta desarrollar aspectos técnicos tales como: el tipo de maquinaria, infraestructura y técnicas de composteo, entre otras. Temas que pueden ser propuestos como líneas de investigación futuras, y que actualmente se relacionan con problemáticas que atañen a diseñadores de política y actores sociales involucrados en el tema de los RSU. En efecto, la dificultad y los retos que impone llevar a la práctica este tipo de proyecto escapa a esta investigación, el cual requerirá del desarrollo de capacidades sociales que se irán construyendo en la medida que se avance en la conciencia individual de cada ciudadano.

Retomando a Tuan (2008), las empresas no han contado con métodos para valorar en términos económicos su aportación a la sociedad. Esta circunstancia debilita su posición en el mercado, limita su vida útil, les impide acceder a licitaciones públicas o captar fondos de terceros, pues no pueden dar respuesta a la pregunta de: ¿cómo puede demostrarse o monetizarse el valor social y/o medioambiental que generan? Por lo que, el método SROI, permite medir la aportación social tanto del gobierno, ciudadanos, empresas a fin de mejorar la calidad de vida de la población y el medio ambiente; incorporando unidades de gestión, indicadores y valores aproximados a fin de hacer económicamente sostenibles ciertas acciones.

Para futuros artículos se recomienda incluir a los stakeholders siguientes: Secretaría de Salud y Secretaría de Economía, quienes son grupos de interés que propiciarían una adecuada gestión en los RSU, tal como Geng

et al. (2009) proponen. Sobre todo, podrían ser un factor clave para el desarrollo de políticas para la agenda 2030 de la ONU y la nueva normalidad del COVID-19.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agracen el apoyo y facilidades brindadas por el Ayuntamiento de Metepec, Estado de México; y los apoyos financieros y de recursos humanos aportados por el Instituto Tecnológico de Toluca, el Conacyt y el Proyecto 263315 Conacyt-Semarnat.

REFERENCIAS

- Ali, M., Qureshi, M.I., y Mustapha, I. (2019). SROI in Social Enterprises: A Systematic Literature Review of Recent Trends and Future Agenda. En L. Dana y V. Ratten (Eds.), *Societal Entrepreneurship and Competitiveness* (pp. 203-226). <https://doi.org/10.1108/978-1-83867-471-720191014>
- Ayuntamiento del Municipio de Metepec 2019-2021. (2019). *Plan de desarrollo Municipal 2019-2021*. Recuperado de https://metepec.gob.mx/pagina/documentos/PlanDesarr/PDM_2019_Finanzas_WEB.pdf
- Ayuntamiento del Municipio de Orizaba, Veracruz. (2014). *Basura y Predial: reciclar te hace ganar*. Recuperado de <https://www.uv.mx/orizaba/co-sustenta/files/2014/05/Programa-BYP-Mpio-de-Orizaba.pdf>
- Caparrós, A. (2007). El Informe Stern sobre la Economía del Cambio Climático. *Ecosistemas*, 16(1), 124-125. Recuperado de [https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/7695/1/ECO_16\(1\)_15.pdf](https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/7695/1/ECO_16(1)_15.pdf)
- Dasgupta, S.P. (2007). Commentary: The Stern Review's Economics of Climate Change. *National Institute Economic Review*, (199), 4-7. Recuperado de <http://qed.econ.queensu.ca/pub/faculty/garvie/econ443/debate/dasgupta%20commentary%20stern%20review.pdf>
- Desmond, M. (2006). Municipal solid waste management in Ireland: Assessing for sustainability. *Irish Geography*, 39(1), 22-33. <https://doi.org/10.1080/00750770609555864>
- Di Domenico, M., Haugh, H., y Tracey, P. (2010). Social bricolage: Theorizing social value creation in social enterprises. *Entrepreneurship: Theory and Practice*, 34(4), 681-703. DOI: 10.1111/j.1540-6520.2010.00370.x
- Doherty, B., Haugh, H., y Lyon, F. (2014). Social enterprises as hybrid organizations: A review and research agenda. *International Journal of Management Reviews*, 16(4), 417-436. DOI: 10.1111/ijmr.12028
- Douthwaite, B., y Hoeffcker, E. (2017). Towards a complexity-aware theory of change for participatory research programs working within agricultural innovation systems. *Agricultural Systems*, 155, 88-102. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2017.04.002>
- Funnell, S., y Rogers, P. (2012). *Purposeful Program Theory: Effective Use of Logic Models and Theories of Change*. San Francisco: Jossey-Bass
- Geng, Y., Zhu, Q., Doberstein, B., y Fujita, T. (2009). Implementing China's circular economy concept at the regional level: A review of progress in Dalian, China. *Waste Management*, 29(2), 996-1002. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2008.06.036>
- Gobierno de México y Secretaría del Trabajo y Previsión Social [STPS]. (2019). *Jóvenes Construyendo el Futuro*. Recuperado de <https://jovenesconstruyendoelfuturo.stps.gob.mx/>
- González-Torre, P., y Adenso-Díaz, B. (2005). Influence of distance on the motivation and frequency of household recycling. *Waste Management*, 25(1), 15-23. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2004.08.007>
- Hamelmann, C., Turatto, F., Then, V., y Dyakova, M. (2017). *Social return on investment: accounting for value in the context of implementing Health 2020 and the 2030 Agenda for Sustainable Development*. Recuperado de https://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0009/347976/20170828-h0930-SROI-report-final-web.pdf
- Hernández, R., Fernández, C., y Baptista, M.P. (2014). *Metodología de la investigación (6ª. ed.)*. México D.F.: McGraw-Hill.
- Hochstrasser, N., De la Rosa I., y Hernández, M. (inédito), *Diagnóstico de resultados de residuos sólidos urbanos en Metepec, México*. México: Instituto Tecnológico de Toluca.
- Hoornweg, D. y Perinaz, B. (2012). What a waste: a global review of solid waste management. *Urban De-*

- velopment Series Knowledge Papers, 15, 87-88. Recuperado de <https://www.researchgate.net/publication/306201760>
- Kaza, S., Yao, L., Bhada-Tata, P., y Van Woerden, F.. (2018). *What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050*. Recuperado de <http://hdl.handle.net/10986/30317>
- LYRSA Derichebourg. (2018, mayo 7). *No separar la basura en Suiza cuesta Dinero*. Recuperado de <https://www.lyrsa.es/no-separar-la-basura-en-suiza-cuesta-dinero/>
- McDougall, F., White, P., Franke, M., y Hindle, P. (2001). *Integrated Solid Waste Management: A life cycle inventory* (2ª. ed.). Oxford: Blackwell Science.
- Mohan, G., Sinha, U.K., y Lal, M. (2016). Managing of Solid Waste through Public Private Partnership Model. *Procedia Environmental Sciences*, 35, 158-168. <https://doi.org/10.1016/j.proenv.2016.07.066>
- Nicholls, J., Lawlor, E., Neitzert, E., y Goodspeed, T. (2009). *A guide to Social Return on Investment*. Recuperado de https://neweconomics.org/uploads/files/aff3779953c5b88d53_cpm6v3v71.pdf
- Nordhaus, W.D. (2007). A Review of the Stern Review on the Economics of Climate Change. *Journal of Economic Literature*, 45, 686-702. Recuperado de <http://piketty.pse.ens.fr/files/Nordhaus2007b.pdf>
- ONU-Hábitat. (2018). Índice básico de las ciudades prósperas. Recuperado de <https://infonavit.janium.net/janium/Documentos/68297.pdf>
- Pawson, R. (2013). *The Science of Evaluation: A Realist Manifesto*. <https://dx.doi.org/10.4135/9781473913820>
- Pon, J. (2019). *Taller Regional: Instrumentos para la implementación efectiva y coherente de la dimensión ambiental de la agenda de desarrollo*. Recuperado de https://www.cepal.org/sites/default/files/presentations/gestion_de_residuos_-_jordi_pon.pdf
- Rodríguez, M., y Córdova, A. (2006). *Manual de compostaje municipal: tratamiento de residuos sólidos urbanos*. Recuperado de http://www.virtual.sepi.upiicsa.ipn.mx/pp_web_sepi_composta/files/Manual_compostaje_municipal.pdf
- Rogers, P. (2014). *La teoría del cambio, Síntesis metodológicas: evaluación de impacto n.º 2*. Florencia: Centro de Investigaciones de Unicef.
- Rondon, E., y Turcott, D. (2017). *Análisis comparativo de la responsabilidad del productor en México y Chile como estrategia para alcanzar la economía circular*. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/317663876_Analisis_comparativo_de_la_responsabilidad_del_productor_en_Mexico_y_Chile_como_estrategia_para_alcanzar_la_economia_circular
- Sahagún, E. (2020, enero 31). Mexicano crea gasolina de la basura | ¿Gasolina 4 pesos el litro? (Despolimerización catalítica) [Archivo de video]. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=LhH6KwvY3tg>
- Sanjeevi, V. y Shahabudeen, P. (2015). Development of performance indicators for municipal solid waste management (PIMS): A review. *Waste Management and Research*, 33(12), 1052-1065. <https://doi.org/10.1177/0734242X15607428>
- Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Territorial [Semadet] (2018). *Guía para la implementación de Sistemas Tarifarios para la Gestión Integral de Residuos en el Estado de Jalisco*. Recuperado de https://semadet.jalisco.gob.mx/sites/semadet.jalisco.gob.mx/files/guia_de_sistemas_tarifarios_gir_jalisco_julio_2018_dis2_0.pdf
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales [Semarnat]. (2019). *Visión Basura Cero: Líneas de implementación*. Recuperado de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/463684/Vision_Basura_Cero_-_Lineas_de_Implementacion__13_03_2019_.pdf
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales [Semarnat]. (2020). *Diagnóstico Básico para la Gestión Integral de los Residuos*. Recuperado de <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/554385/DBGIR-15-mayo-2020.pdf>
- Sharholly, M., Ahmad, K., Mahmood, G., y Trivedi, R.C. (2008). Municipal solid waste management in Indian cities - A review. *Waste Management*, 28(2), 459-467. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2007.02.008>
- Shekdar, A. (2009). Sustainable solid waste management: An integrated approach for Asian countries. *Waste Management*, 29(4), 1438-1448. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2008.08.025>
- Stern, N. (2007). *STERN REVIEW: La economía del cambio climático*. Recuperado de https://calentamientoglobal.files.wordpress.com/2007/02/stern_conclu-

siones_esp.pdf

- Sujauddin, M., Huda, S.M.S., y Hoque, A.T.M.R. (2008). Household solid waste characteristics and management in Chittagong, Bangladesh. *Waste Management*, 28(9), 1688-1695. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2007.06.013>
- Tai, J., Zhang, W., Che, Y., y Feng, D. (2011). Municipal solid waste source-separated collection in China: a comparative analysis. *Waste Management*, (8), 1673-1682. DOI: 10.1016/j.wasman.2011.03.014
- Tuan, M. (2008). *Measuring and/or Estimating Social Value Creation: Insights Into Eight Integrated Cost Approaches*. Recuperado de <https://docs.gatesfoundation.org/documents/wwl-report-measuring-estimating-social-value-creation.pdf>
- Wilson, F., y Post, J.E. (2013). Business models for people, planet (& profits): exploring the phenomena of social business, a market-based approach to social value creation. *Small Business Economics*, 40(3), 715-737. DOI: 10.1007/s11187-011-9401-0

NOTAS DE AUTOR

- ^a Alumna de Posgrado de Tiempo Completo del Instituto Tecnológico de Toluca (ITT), adscrito al Departamento de Ciencias Ambientales. En sus investigaciones y publicaciones se plantean temáticas sobre Desarrollo Regional; políticas públicas; marketing; reconstrucción de territorios; ecoturismo; biodiversidad, energéticos; desarrollo sustentable. Actualmente enfocado a temas de tratamiento y valorización de residuos.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9566-4181>

Últimas publicaciones:

- Hochstrasser, N., De la Rosa, I., Hernández, M. C., y Borbón Morales, C. G. (en prensa). Acopio y recuperación de los Residuos Sólidos Urbanos en la Cabecera Municipal de Mexicaltzingo, Estado de México. En 10º Encuentro Nacional de Expertos en Residuos. ENERS10 Gestión Integral de Residuos. Sociedad Mexicana de Ciencias y Tecnología Aplicada a Residuos Sólidos A.C (SOMERS).
- Hochstrasser, N. (2012). Problemática socioeconómica porcícola y alternativas integrales

de solución. En Sánchez, A. (Presidencia), 1er Congreso Iberoamericano sobre Desarrollo Regional y 17º Encuentro Nacional sobre Desarrollo Regional. AMECIDER, México. Recuperado de <https://www.amecider.org/libro-2012>

- Hochstrasser, N. (2009). El desarrollo ecoturístico, dos casos comparativos la bahía de Tadoussac en Quebec, Canadá y la bahía de Banderas en México. Coloquio Internacional Desarrollo, políticas públicas y reconstrucción de territorios: Alianza Universidad-Comunidad.UQAC- Escuela Nacional de Trabajo Social UNAM, Red América de Intervención en Situaciones de Sufrimiento Social RAISS. México. Recuperado de https://www.academia.edu/7806280/La_participaci%C3%B3n_de_grupos_de_j%C3%B3venes_en_las_pol%C3%ADticas_p%C3%BAblicas_de_desarrollo_regional

- ^b Profesor-Investigador Titular C, adscrito a la División de Estudios de Posgrado e Investigación del Instituto Tecnológico de Toluca. Sus líneas de investigación son: Contaminación de suelos y sedimentos, *Adhesión de la candida albicans y streptococcus mutans* a polimetilacrilato modificado con nanopartículas de plata y, efectos en el tiempo de compostaje y calidad de la composta al variar las Proporciones y pesos de los sustratos en el compostaje de biosólidos, lodos de plantas tratadoras de aguas municipales, revalorización de residuos sólidos orgánicos y biosólidos mediante composteo, indicadores técnicos para mejorar la gestión municipal en países en desarrollo.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3572-5912>

Últimas publicaciones:

- Olay-Romero, E., Turcott-Cervantes, D.E., Hernández-Berriel, M.C., Lobo-García, A., Cuartas-Hernández, M., y de la Rosa-Gómez, I. (2020). Technical indicators to improve municipal solid waste management in developing countries: A case in Mexico. *Waste Management*, 107, 201-210. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2020.03.039>
- García, L., Muro, C., De La Rosa, I., Amador-Muñoz, O., Ponce, M., y Borja, M. (2020). Comparison of gas chromatography techniques for

- the analysis of organochlorine pesticides in sediments. *Soil and Sediment Contamination: An International Journal*, 29(3), 257-271. Recuperado de <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/15320383.2019.1703099>
- Méndez-Serrano, J., Velazquez-Enriquez, U., Contreras-Bulnes, R., De La Rosa-Gómez, I., Sawada, T., y Yamaguchi, R. (2020). Adhesion of *Candida albicans* and *Streptococcus mutans* to silver nanoparticle-modified polymethylmethacrylate. *Interciencia*, 45(1), 23-27. Recuperado de https://www.interciencia.net/wp-content/uploads/2020/02/23_6625_Com_Velazquez_v45n1.pdf
 - ^c Profesor Investigador Titular C, adscrito al área de Desarrollo Regional, Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo (CIAD), sede Hermosillo, Sonora, México. Pertenecer al Sistema Nacional de Investigadores nivel I. En sus publicaciones se plantean temáticas sobre análisis sectoriales, con las siguientes líneas de investigación: Desempeño competitivo de las exportaciones; análisis de mercado, logística comercial y eficiencia de costos económicos en la producción; estudios de Ingreso Gasto en alimentación de los hogares de México; evaluación del retorno social; economía del comportamiento en análisis de la toma de decisiones.
- *Autor de correspondencia**
 ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6073-6672>
 Últimas publicaciones:
- Salazar-Escoboza, M.A., Laborín-Álvarez, J.F., Álvarez-Chávez, C.R., Noriega-Orozco, L. y Borbón-Morales, C.G. (2020). Safety climate perceived by users of academic laboratories in higher education institutes. *Safety Science*, 121, 93-99. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2019.09.003>
 - Muñoz Munguía, Borbón Morales, C. G., y Laborín Álvarez, J.F. (2019). Economía del Comportamiento: un campo fértil para la investigación de aplicaciones en política pública para México. *Estudios Sociales: Revista de Alimentación Contemporánea y Desarrollo Regional*, 29(53), 1-22. <https://doi.org/10.24836/es.v29i53.715>
 - Borbón Morales, C. G., Arvizu Armenta, M.,
- García Figueroa, A., Robles Parra, J. M. (2018). Ventajas comparativas del pepino mexicano de exportación hacia Estados Unidos. *Revista Mexicana de Agronegocios*, 43, 43-54. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=14158242004>
- ^d Profesora-Investigadora Titular C, adscrita a la División de Estudios de Posgrado e Investigación del Instituto Tecnológico de Toluca. En sus investigaciones y publicaciones se plantean temáticas sobre los residuos sólidos y subproductos; con las siguientes líneas de investigación: Revalorización de residuos sólidos urbanos; Evaluación para el mejoramiento de sistemas de manejo de residuos sólidos y de manejo especial; Aprovechamiento energético de residuos agrícolas y sedimentos; Generación de biometano y biohidrógeno con residuos sólidos y lixiviados; Composteo acelerado de biosólidos, lixiviados y residuos orgánicos; y Ubicación y diseño de rellenos sanitarios y biorrellenos.
- ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3532-7316>
 Últimas publicaciones:
- Turcott Cervantes, D.E., Olay Romero, E., Hernández Berriel, M.C., Mañón Salas, M.C., y Amaya Lobo, M.C. (in print). Assessment of some governance aspects in waste management systems: a case study in Mexican municipalities. *Journal of Cleaner*. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.123320>
 - Olay-Romero, E., Turcott-Cervantes, D.E., Hernández-Berriel, M.C., Lobo-García, A., Cuartas-Hernández, M., y De la Rosa-Gómez, I. (2020). Technical indicators to improve municipal solid waste management in developing countries: A case in Mexico. *Waste Management*, 107, 201-210. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2020.03.039>
 - Quecholac Piña, X., Hernández-Berriel, M.C., Mañón-Salas, M.C., Espinosa Valdemar, R.M., y Vázquez Morillas, A. (2020). Degradation of Plastics under Anaerobic Conditions: A Short Review. *Polimers*, 12(1), 1-18. <https://doi:10.3390/polym12010109>