



VIII SIMPOSIO
IBEROAMERICANO
DE **INGENIERÍA**
DE RESIDUOS

HACIA UNA GESTIÓN EFICIENTE DE LOS RESIDUOS

17 - 18 SETIEMBRE 2019

ASUNCIÓN - PARAGUAY

LIBRO DE ACTAS

VIII Simposio Iberoamericano en Ingeniería de Residuos

Esta publicación debe citarse como:

LIMA MORRA, R.; FLORENTIN LOPEZ, C. (2019). Libro de actas. VIII Simposio Iberoamericano en Ingeniería de Residuos. Universidad Católica Nuestra Señora de la Asunción. Asunción, Paraguay pp.897. ISBN: 978-99967-670-2-9



Universidad Católica Nuestra Señora de la Asunción (UC)

Narciso Velázquez, Rector

Luca Cernuzzi, Decano Facultad de Ciencias y Tecnología

Roberto Lima Morra, Director Centro de Tecnología Apropriada

Red Iberoamericana en Gestión y Aprovechamiento de Residuos

Comité Organizador

Roberto Lima Morra, Coordinador General del Simposio

Claudia Florentín López

Diego Centurión

Nicolás Rodríguez Müller

Alicia Pavetti Infanzón

Gabriela Cazenave

Mercedes Britez

Investigadores del Centro de Tecnología Apropriada y del Departamento de Ingeniería Civil, Industrial y Ambiental de la Facultad de Ciencias y Tecnologías de la Universidad Católica Nuestra Señora de la Asunción.

Diagramación

Roberto Lima Morra

Claudia Florentín López

Setiembre 2019

ISBN: 978-99967-670-2-9



Comité Científico

- Alethia Vázquez Morillas (Universidad Autónoma Metropolitana, México)
- Amaya Lobo García de Cortázar (Universidad de Cantabria, España)
- Ana Belem Piña Guzmán (Instituto Politécnico Nacional, México)
- Ana López Martínez (Universidad de Cantabria)
- Antonio Gallardo Izquierdo (Universitat Jaume I, España)
- Beatriz Adriana Venegas Sahagún (Universidad de Guadalajara, México)
- Carina Maroto (Universidad Nacional de Cuyo, Argentina)
- Clarisa Alejandrino (Universidad Nacional de Cuyo, Argentina)
- Claudia Celeste Florentín López (Universidad Católica Nuestra Señora de la Asunción, Paraguay)
- Cláudia Coutinho Nóbrega (Universidade Federal da Paraíba, Brasil)
- Claudia Estela Saldaña Duran (Universidad Autonoma de Nayarit, México)
- Dagoberto Arias Aguilar (Instituto Tecnológico de Costa Rica, Costa Rica)
- Edgar Quiñones Bolaños (Universidad de Cartagena, Colombia)
- Elen Pacheco (Universidade Federal do Río de Janeiro, Brasil)
- Erik Napoleón Vallester (Universidad Tecnológica de Panamá, Panamá)
- Estevão Freire (Universidade Federal do Río de Janeiro, Brasil)
- Fabián Robles Martínez (Instituto Politécnico Nacional, México)
- Fabiola Eliane Adam Cabrera (Universidad Católica Nuestra Señora de la Asunción, Paraguay)
- Francisco J. Colomer Mendoza (Universitat Jaume I, España)
- Gerardo Bernache Pérez (CIESAS, México)
- Gerlin Salazar Vargas (Universidad de Costa Rica, Costa Rica)
- Guillermo Monrós Tomás (Universitat Jaume I, España)
- Hamilcar José Almeida Filgueira (Universidade Federal da Paraíba, Brasil)
- Irma Mercante (Universidad Nacional de Cuyo, Argentina)
- Javier Mouthon Bello (Universidad de Cartagena, Colombia)
- Jocelyn Szantó Carranza (Pontificia Universidad Católica de Valparaiso, Chile)
- José Wilmer Runfola Medrano (Universidad de Los Andes, Venezuela)
- Juacyara Carbonelli Campos (Universidade Federal do Río de Janeiro, Brasil)
- Norma Graciela Cantero Araujo (Universidad Católica Nuestra Señora de la Asunción)
- Julieta Chini (Universidad Nacional de Cuyo, Argentina)
- Kelma Maria Nobre Vitorino (Instituto Federal de Sergipe, Brasil)
- Laura Patricia Brenes-Peralta (Instituto Tecnológico de Costa Rica, Costa Rica)

- Luiza Eugênia da Mota Rocha Cirne (Universidade Federal de Campina Grande, Brasil)
- Luz Graciela Cruz (Secretaría Nacional de Ciencia y Tecnología – SENACYT, Panamá)
- Marcel Segismundo Szanto Narea (Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Chile)
- María Cristina Moreira Alves (Universidade Federal do Río de Janeiro, Brasil)
- María del Consuelo Hernández Berriel (Instituto Tecnológico de Toluca, México)
- María del Consuelo Mañón Salas (Instituto Tecnológico de Toluca, México)
- Maria del Mar Carlos Alberola (Universitat Jaume I, España)
- Maria Dolores Bovea Edo (Universitat Jaume I, España)
- María Fernanda Jiménez Morales (Instituto Tecnológico de Costa Rica, Costa Rica)
- Maricelma Ribeiro Morais (Universidade Estadual da Paraíba, Brasil)
- Miguel Cuartas Hernández (Universidad de Cantabria, España)
- Mónica Eljaiek Urzola (Universidad de Cartagena, Colombia)
- MonicaPertel (Universidade Federal do Río de Janeiro, Brasil)
- Otoniel Buenrostro Delgado (Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, México)
- Patricio Marques de Souza (Universidade Federal de Campina Grande, Brasil)
- Roberto Lima Morra (Universidad Católica Nuestra Señora de la Asunción, Paraguay)
- Rooel Campos Rodríguez (Instituto Tecnológico de Costa Rica, Costa Rica)
- Rosa María Espinosa Valdemar (Universidad Autónoma Metropolitana, México)
- Samantha Eugenia Cruz Sotelo (Universidad Autónoma de Baja California, México)
- Sara Ojeda Benítez (Universidad Autónoma de Baja California, México)
- Silvia Soto Córdoba (Instituto Tecnológico de Costa Rica, Costa Rica)
- Susana Llamas (Universidad Nacional de Cuyo, Argentina)

Índice

CURRICULUM VITAE	15
Compostaje como alternativa de tratamiento para residuos sólidos biodegradables del Tecnológico de Costa Rica.....	16
Obtención de consorcio bacteriano para acelerar el proceso de composteo.....	17
Evaluación de la eficiencia de un consorcio bacteriano obtenido a partir de composta.....	18
Efecto del material biosecado en el crecimiento de rábano.....	19
Evaluación de los residuos de las trampas de grasa de los lodos provenientes de las sodas de la Universidad Nacional mediante técnica de compostaje enzimático para su posterior aprovechamiento como enmienda orgánica	20
Evaluación integral mediante indicadores de la gestión de residuos en un relleno sanitario del estado de Guanajuato México.	21
Simulación de la degradación de películas plásticas en un relleno sanitario	22
Capacidad de acogida del territorio para la ubicación optima de rellenos sanitarios en el Departamento de Itapúa, Paraguay	23
La importancia de las emisiones localizadas en vertederos de residuos	24
Caracterización toxicológica de los lixiviados de dos sitios de disposición final en el Estado de México. 25	
Ubicación de un relleno sanitario intermunicipal entre el estado de México y Morelos, utilizando sistemas de información geográfica.....	26
Aspectos metodológicos de Análisis de Ciclo de Vida de organizaciones (ACV-O) para reciclaje de plásticos.	27
Danos ambientais decorrentes do lançamento inadequado dos resíduos medicamentosos	28
Impactos ambientales en la recolección contratada de Residuos Sólidos Urbanos de la ciudad de Tepic, Nayarit, México.....	29
Microplásticos y residuos sólidos en playas turísticas de México, una mirada a la situación actual	30
Gerenciamento de resíduos não perigosos em empreendimentos de grande porte - estudo de caso de uma indústria metalúrgica brasileira.	31
Plataforma de trabajo colaborativo para la clasificación de imágenes de residuos.	32
Diagnóstico de los residuos sólidos urbanos en Etzatlán, México	33
Caracterização de resíduos plásticos descartados na praia de Intermares-Cabedelo-PB-Brasil.....	34
Aplicación de p+I para la caracterización de residuos sólidos de grandes generadores.....	35
Una alianza estratégica para la toma de decisión en la gestión de los residuos sólidos urbanos: Caso de estudio la ciudad de Tepic, Nayarit, México.....	36
La influencia de los sistemas móviles de recogida asociados a los puntos limpios	37
Proyecto de aislamiento energético de una planta de tratamiento de residuos sólidos urbanos mediante gasificación de los rechazos	38

Propuesta de desarrollo de un producto alimenticio para cerdos, a base de residuos sólidos biodegradables	39
Consideraciones para el desarrollo del uso de la energía basada en la biomasa	40
Reutilização e secagem de refugos de cenouras para fabricação de farinhas.....	41
Madeira plástica: uma revisão sobre sua fabricação e discussão sobre suas matérias-primas	42
Selección de tecnologías WASTE-TO-ENERGY mediante herramientas multicriterio	43
Análisis y propuesta de uso de los residuos sólidos generados en una empresa maderera	44
Evaluación de biosólidos de aguas residuales para producción de biogás: alternativa sostenible del manejo de rellenos sanitarios en Panamá.....	45
Modelo para aprovechamiento sustentable de residuos sólidos orgánicos desarrollado por organizaciones de recicladores de oficio en Bogotá D.C.....	46
Gestión de los Residuos Sólidos en el Municipio de Abasolo, Guanajuato, México.....	47
Recogida separada de la fracción orgánica procedente de los residuos sólidos urbanos: resultados de la experiencia piloto desarrollada en Castellón de la plana (España)	48
Impacto de la instalación de un quinto contenedor en la recogida selectiva de biorresiduos en una zona costera y otra de interior en el este de España.....	49
Diseño de alternativas de recolección selectiva de residuos domiciliarios en la ciudad de las Heras – Santa Cruz. Evaluación económica y transferencia de tecnologías automáticas de recolección al contexto de una ciudad pequeña de Argentina.	50
Valorización de pérdida y desperdicio de alimentos, una visión de su Ciclo de Vida en el contexto de un Campus Universitario.....	51
Evaluación de modelos de gestión de residuos en México y Chile a partir de indicadores	52
Aspectos de eficiencia da coleta seletiva de Natal-RN-Brasil	53
El manejo de los residuos en municipalidades de México	54
Avaliação do uso de EPIs pelos Catadores de Resíduos na Cidade de Campina Grande- PB	55
Comparação entre o nível de saúde dos catadores de resíduos de uma Cooperativa e uma Associação de catadores na Cidade de Campina Grande- PB.....	56
Avances en la gestión de los residuos sólidos municipales, caso chile.....	57
Atuação dos empreendimentos de catadores na coleta seletiva do Maior São João do Mundo-Campina Grande-PB-Brasil.....	58
Fundamentacao legal para os indicadores do icgra no estado do Rio Grande do Norte-Brasil.....	59
Inmovilización de arsénico en residuos de minería de la región Arequipa	60
Modelado en grafos de colocación de contenedores de Residuos Sólidos Urbanos en el Centro Universitario de Ciencias Sociales y Humanidades de la Universidad Autónoma de Nayarit, México	61
Estrategias para el Diseño e Implementación de una Campaña de Educación Ambiental sobre los Residuos Sólidos Urbanos en un Departamento Rural en la Provincia de San Juan.	62

Química verde aplicada en los cursos de Laboratorio de Química General en la Universidad Nacional en Costa Rica	63
Implantação da Coleta Seletiva em Empresas no município de Campina Grande – PROPEX/UFCG.....	64
Aplicación de herramientas de minería de datos a encuestas en casa habitación en municipios del centro de México	65
Automação das leiras no processo de compostagem do Laboratório de Tecnologias Agroambientais da UFCG.	66
Lecciones aprendidas por casos de deslizamientos ocurridos en rellenos sanitarios municipales, a partir de la recopilación de experiencias ocurridas en Latinoamérica	67
Variables ambientales, sanitarias, socioeconómicas y epidemiológicas asociadas a la tasa de incidencia de dengue en la ciudad de asunción en 2012 y 2013.	68
Diagnóstico do lixo do município de São José de Espinharas - PB – Brasil	69
Determinación de la pérdida y desperdicios de alimento (PDA) en las sodas de la Universidad Nacional y su importancia en el manejo sostenible de los recursos naturales	70
La biomasa como amalgama estratégica en el entramado Iberoamericano: el caso de ReBiBiR (T)	71
TRABAJOS TÉCNICOS	72
Tratamiento de lodos fisicoquímicos mediante composteo.....	73
Compostaje como alternativa de tratamiento para residuos sólidos biodegradables del Tecnológico de Costa Rica.....	81
Obtención de consorcio bacteriano para acelerar el proceso de composteo.....	91
Evaluación de la eficiencia de un consorcio bacteriano obtenido a partir de composta.....	98
Efecto del material biosecado en el crecimiento de la planta de rábano (Raphanus sativus L.)	106
Evaluación de los residuos de las trampas de grasa de los lodos provenientes de las sodas de la Universidad Nacional mediante técnica de compostaje enzimático para su posterior aprovechamiento como enmienda orgánica	112
Humedales artificiales de flujo horizontal subsuperficial en el tratamiento de lixiviados, caso de estudio: relleno sanitario parque ambiental loma de los cocos.....	123
Evaluación integral mediante indicadores de la gestión de residuos en un relleno sanitario del estado de Guanajuato, México	135
Análisis de costo del compost como material de cobertura a partir de los residuos sólidos urbanos para un relleno sanitario	144
Uso de las aeronaves piloteadas a distancia rpa (remotely piloted aircraft) para la operación de sitios de disposición de desechos sólidos. caso de estudio vertedero de gualaca, Chiriquí, Panamá	152
Simulación de la degradación de películas plásticas en un relleno sanitario	160
Capacidad de acogida del territorio para la ubicación óptima de rellenos sanitarios en el Departamento de Itapúa, Paraguay	168

La importancia de las emisiones localizadas en vertederos de residuos	180
Caracterización toxicológica de los lixiviados de dos sitios de disposición final en el estado de México	192
Ubicación de un relleno sanitario intermunicipal entre el estado de México y Morelos, utilizando sistemas de información geográfica.....	203
Aspectos metodológicos de análisis de ciclo de vida de organizaciones (acv-o) para reciclaje de plástico	210
Valoración de la Importancia Ambiental de Acciones de Proyectos con Decisión Multicriterio y Aritmética Difusa	218
Impactos ambientales en la recolección contratada de Residuos Sólidos Urbanos de la ciudad de Tepic, Nayarit.....	231
Danos ambientais decorrentes do lançamento inadequado dos resíduos medicamentosos	238
Residuos peligrosos de litio provenientes de baterías de teléfonos celulares en desuso en Paraguay	244
Determinação de coliformes totais em garrafas utilizadas por usuários de academias na cidade de Campina Grande, Paraíba, Brasil.	254
Estudio de los residuos provenientes de los neumáticos fuera de uso en el Paraguay entre los años 1994 – 2015.....	262
Microplásticos y residuos sólidos en playas turísticas de México, una mirada a la situación actual	269
Ingresos probables procedentes de la valorización de residuos sólidos de la escuela básica n° 4273 y colegio nacional República de México de la ciudad de Itauguá	280
Gerenciamento de resíduos não perigosos em empreendimentos de grande porte - estudo de caso de uma indústria metalúrgica brasileira	292
Plataforma de trabajo colaborativo para la clasificación de imágenes de residuos	302
Análisis de la variación de los residuos sólidos identificados en playas turísticas en Cartagena de Indias y su incidencia en la generación de microplásticos	313
Diagnóstico de los residuos sólidos urbanos en Etzatlán, México.....	321
Caracterização de resíduos plásticos descartados na praia de Intermares-Cabedelo-PB- Brasil.....	328
Propuesta de plan de manejo para los residuos de un área natural protegida en la zona centro de México	334
Aplicación de p+l para la caracterización de residuos sólidos de grandes generadores.....	343
Una alianza estratégica para la toma de decisión en la gestión de los residuos sólidos urbanos: caso de estudio la ciudad de Tepic, Nayarit, México	352
La influencia de los sistemas móviles de recogida asociados a los puntos limpios	360
Proyecto de aislamiento energético de una planta de tratamiento de residuos sólidos urbanos mediante gasificación de los rechazos	371
Estudio de composición y generación de los desechos sólidos. caso de estudio en 20 vertederos de la República de Panamá	381

Propuesta de desarrollo de un producto alimenticio para cerdos, a base de residuos sólidos biodegradables	390
Consideraciones para el desarrollo del uso de la energía renovable basada en la biomasa en Costa Rica	403
Reutilização e processamento de refugos de cenoura para fabricação de farinha	413
Madeira plástica: uma revisão sobre sua fabricação e discussão sobre suas matérias-primas	420
Selección de tecnologías waste-to-energy mediante herramientas multicriterio.....	431
Análisis y propuesta de uso de los residuos sólidos generados en una empresa maderera	442
Evaluación de biosólidos de aguas residuales para producción de biogás: alternativa sostenible del manejo de rellenos sanitarios en Panamá.....	451
La digestión anaerobia para valorizar los residuos generados del procesamiento del aguacate.....	463
Análisis del potencial energético de los residuos sólidos urbanos para su aplicación como combustible de una central termoeléctrica	470
Modelo para el aprovechamiento sustentable de residuos sólidos orgánicos desarrollado por organizaciones de recicladores de oficio en Bogotá D.C.	482
Análisis comparativo del desempeño de la etapa de recolección entre municipios poblacionalmente diferentes basado en indicadores	490
Gestión de los residuos sólidos en el municipio de Abasolo, Guanajuato, México	499
Residuos electrónicos en el paraguay, perspectiva para celulares y computadoras	507
Recogida separada de la fracción orgánica procedente de los residuos sólidos urbanos: resultados de la experiencia piloto desarrollada en Castellón de la plana (España)	518
Impacto de la instalación de un quinto contenedor para la recogida selectiva de biorresiduos en una zona costera y otra de interior en el este de España.....	529
Gestión de los Residuos Sólidos en Panamá: Evolución, Inventario, y Análisis de las Normas Existentes	541
Diseño de alternativas de recolección selectiva de residuos domiciliarios en la ciudad de las heras – santa cruz. evaluación económica y transferencia de tecnologías automáticas de recolección al contexto de una ciudad pequeña de Argentina.	550
Valorización de pérdida y desperdicio de alimentos, una visión de su ciclo de vida en un campus universitario.....	563
Evaluación de modelos de gestión de residuos en México y Chile a partir de indicadores	570
Gestión de residuos en playas mexicanas.....	584
Aspectos de eficiencia da coleta seletiva de Natal-RN-Brasil	590
El manejo de los residuos en municipalidades de México	600
A política nacional de resíduos sólidos como instrumento de valorização da dignidade humana	611
Avaliação do uso de EPIs pelos Catadores de Resíduos na Cidade de Campina Grande- PB	618
Comparação entre o nível de saúde dos catadores de resíduos de uma Cooperativa e uma Associação de catadores na Cidade de Campina Grande- PB.....	625

Avances en la gestión de los residuos sólidos municipales, caso Chile	634
Atuação dos empreendimentos de catadores na coleta seletiva do Maior São João do Mundo-Campina Grande – PB - Brasil	646
Desarrollo de alternativas técnicas de mantenimiento y mejoramiento de cauces hídricos a fin de minimizar los impactos por las inundaciones pluviales en los Bañados de Asunción	651
Fundamentação legal para os indicadores do icgra no estado do Rio Grande do Norte-Brasil.....	657
Inmovilización de arsénico en residuos de minería de la región Arequipa	668
Modelado en grafos de colocación de contenedores de Residuos Sólidos Urbanos en el Centro Universitario de Ciencias Sociales y Humanidades de la Universidad Autónoma de Nayarit, México	678
Estrategias para el Diseño e Implementación de una Campaña de Educación Ambiental sobre los Residuos Sólidos Urbanos en un Departamento Rural en la Provincia de San Juan	688
Protección del ambiente a través del reciclado.....	697
Química verde aplicada en los cursos de Laboratorio de Química General en la Universidad Nacional en Costa Rica	705
Factores de éxito para la gestión de residuos valorizables en una universidad estatal de Costa Rica.....	712
Implantação da coleta seletiva em empresas no município de Campina Grande – PROPEX/UFCG	724
Aplicación de herramientas de minería de datos a encuestas en casa habitación en municipios del centro de México	730
Automação das leiras no Processo de compostagem do Laboratório de Tecnologias Agroambientais da UFCG.	737
Lecciones aprendidas por casos de deslizamientos ocurridos en rellenos sanitarios municipales, a partir de la recopilación de experiencias ocurridas en Latinoamérica	742
POSTER	753
Variables ambientales, sanitarias, socioeconómicas y epidemiológicas asociadas a la tasa de incidencia de dengue en asunción en 2012 y 2013.....	754
Resíduos Sólidos no Ambiente Urbano e os Risco para a Saúde Ambiental	768
Herramienta VBA en MS Excel para el diseño, construcción y etapas iniciales de operación en rellenos sanitarios manuales.....	773
Diagnóstico do lixão do município de São José de Espinharas – PB – Brasil	779
Evaluación de la generación actual de los residuos sólidos en la ciudad de San Lorenzo	787
Presencia de microplásticos en zona de baja y alta afluencia en una playa del golfo de México	799
Dosificación de morteros con plástico reciclado.....	808
Análisis de residuos sólidos por espectroscopía de plasma inducido por laser.....	816
Competencias para la sostenibilidad: estudio comparativo sobre competencias ambientales en los grados de la universidad jaume i y la universidad de cantabria, España.....	823

Transferencia de conocimiento de la universidad a la educación primaria. el proceso de composteo.....	835
Problemática de Resíduos Sólidos em Terrenos Baldios e Desafios para a Vigilância Ambiental.....	845
Alternativas en la gestión de la recogida separada de la fracción orgánica biodegradable de los residuos sólidos urbanos.....	853
Producción de metano por digestión anaerobia de residuos.....	865
El tratamiento mecánico biológico de residuos sólidos urbanos: tipos de plantas, tecnologías y equipamientos disponibles	878
La biomasa como amalgama estratégica en el entramado Iberoamericano: el caso de ReBiBiR (T).....	892

Alternativas en la gestión de la recogida separada de la fracción orgánica biodegradable de los residuos sólidos urbanos

Franco González, Jerónimo¹; Gallardo Izquierdo, Antonio²; Carlos Alberola, Mar²

¹ S. A. Agricultores de la Vega de Valencia (SAV), Área de I+D+i, Valencia, España, francojero@gmail.com

² INGRES Ingeniería de Residuos, ESTCE, Universitat Jaume I, Castellón, España, gallardo@uji.es, mcarlos@uji.es

Resumen

La recogida separada es una de las etapas más importantes en la gestión de los residuos sólidos urbanos (RSU). En ella se procesan y recogen los RSU para una posterior aplicación de los métodos de valorización. En función de las condiciones económicas, técnicas, sociales y políticas del entorno se pueden aplicar diferentes alternativas de gestión de la recogida separada. El objetivo principal será la recolección de todas las corrientes de residuos utilizando el método más adecuado, de forma que se minimice el impacto ambiental, maximice el económico mediante un enfoque de economía circular y se cumplan los objetivos impuestos por la administración.

No existe un único modelo para todas las poblaciones, vendrá en función de las características particulares de cada población así como la naturaleza y cantidad de los residuos. Para establecer el modelo será necesario conocer todas las alternativas existentes actualmente, ventajas e inconvenientes de cada una y los factores que afectan a su implantación, como el destino de los flujos de salida de RSU de los procesos de tratamiento, sobre todo cuando este es la valorización.

En este trabajo se presenta un estudio detallado de las diferentes alternativas de separación de la fracción de la materia orgánica biodegradable y los distintos sistemas de recolección. Se explican sus características más relevantes y las ventajas e inconvenientes de cada una. A partir de este estudio y conociendo las circunstancias de la población, el técnico competente puede diseñar el modelo de gestión de la recogida más adecuado. Finalmente se presenta un ejemplo de aplicación.

Palabras clave: *recogida separada, fracción orgánica, residuo sólido urbano, sistemas de recogida, modelos de prerrecogida*

1. Introducción

La Unión Europea, consciente de la problemática de los RSU, ha ido estableciendo objetivos a través de directivas comunitarias para reducir al mínimo la cantidad de residuos biodegradables depositados en vertederos, como la Directiva 1999/31/CE (Consejo Europeo, 1999) y la Directiva de Residuos 2006/12 / CE (Consejo Europeo, 2006) que pretende reducir el vertido de la fracción biodegradable de los RSU.

Más reciente es la Comunicación de la Comisión del Parlamento Europeo “Hacia una economía circular: un programa de cero residuos para Europa” del 2 de julio de 2014, la que revisa las directivas de residuos, de vertido y de envases. Así, para el año 2025 prohíbe el depósito en vertederos de los

plásticos, metales, papel y cartón reciclables y de los residuos biodegradables (biorresiduos). Y es que el impacto medioambiental de la generación de residuos municipales se puede reducir significativamente mediante la recogida selectiva, el reciclado y uso posterior de los biorresiduos, siendo la correcta recogida separada de estos residuos una condición previa para la reutilización de la materia orgánica y sus nutrientes (Schüch et al., 2016). Los posibles beneficios medioambientales de una recuperación coherente de los biorresiduos en Europa podrían permitir la reducción de 50 millones de toneladas de CO₂-Eq a la atmosfera (Schüch et al., 2016).

Desde el punto de vista económico, los biorresiduos que forma parte de los RSU, llamados de forma generalizada “fracción orgánica ” o “materia orgánica”, se configuran como una potencialidad a explotar, puesto que puede dar lugar a dos productos perfectamente comercializables: compost y biogás. Como resultado de la recogida selectiva de la materia orgánica y posterior tratamiento, por cada tonelada tratada se obtiene 300 kg de compost (mediante procesos aerobios) o 400 kg de compost de menor calidad (mediante procesos anaerobios) o en el caso de la producción de biogás se generan 390 kWh (SNU, 2000).

Por el contrario, la presencia de materia orgánica en los RSU mezclados que van a las plantas de tratamientos puede causar varios problemas, como la generación de malos olores, lixiviados, emisiones de gases de efecto invernadero, ensuciamiento de los materiales reciclables, aumento de los costes de los tratamientos, etc.

Finalmente, otras ventajas que aporta la recogida separada en origen de la fracción orgánica (FO) son las siguientes:

Permite obtener un compost de calidad.

Facilita la producción de biogás.

Disminuye el grado de ensuciamiento en las otras fracciones de la recogida selectiva.

Se necesita una menor superficie de vertedero.

Se necesitan plantas de tratamiento más simples para elaborar el compost.

El objetivo de este trabajo es analizar de forma detallada las diferentes alternativas de separación de la FO y los distintos sistemas de recolección. Se explican sus características más relevantes y las ventajas e inconvenientes de cada una. A partir de este estudio y conociendo las circunstancias de la población, el técnico competente puede diseñar el modelo de gestión de la recogida más adecuado.

2. Metodología

Para la consecución del objetivo propuesto en el trabajo, se han analizado los modelos de separación de la FO en origen implantados en las ciudades más importantes de España y los sistemas de recolección utilizados. Además, para este último caso también se ha obtenido información directa de empresas del sector. Una vez obtenidas las principales características de cada alternativa, se ha elaborado un conjunto de ventajas e inconvenientes de cada una, con el objetivo de, en función de las circunstancias técnicas y económicas de cada situación, se pueda elegir el modelo de separación y el sistema de recolección más adecuados. Finalmente se elabora un caso real, en el que se implanta la recogida separada de la FO en una población española.

3. Resultados y discusión

La recogida selectiva de los RSU se puede dividir en dos actividades: la prerrecogida y recogida (Gallardo et al. 2012). En el caso concreto de la FO, debido a sus características específicas (humedad, composición, olor, densidad, lixiviación, etc.) se ha de ser muy cuidadoso a la hora de diseñar el sistema de recogida selectiva, ya que se le pide al ciudadano un esfuerzo adicional en la separación de este tipo de material. Entre los parámetros que se deben de tener en cuenta a la hora de poner en funcionamiento esta recogida destacan:

Proximidad al domicilio de los contenedores y capacidad adecuada.

Lavado cuidadoso de los recipientes.

Mayor ocupación de espacio en la vivienda, ya que se necesita un cubo adicional.

Mayor ocupación del espacio público, con más contenedores.

Dificultades en el diseño del servicio en poblaciones con alta estacionalidad poblacional.

Establecimiento de una frecuencia de recogida adecuada.

Puesta en marcha de una campaña de información intensiva.

A continuación, se presentan las alternativas de prerrecogida y recogida que se pueden dar para este tipo de residuo.

3.1 Modelos de prerrecogida

Se pueden establecer diferentes alternativas de prerrecogida en función de la distancia a recorrer por el ciudadano para depositar la FO y el grado de fraccionamiento de los residuos en origen. En función de la distancia a recorrer se puede clasificar en:

Recogida puerta a puerta (o personalizada). La recogida puerta a puerta (PaP) consiste en dejar los residuos delante de la puerta o comercio, en unos días y horas determinadas. Los cubos, una vez vaciados, son metidos en las viviendas o comercios y no permanecen en la vía pública (figura 1b). Este modelo comporta un beneficio indirecto en el espacio público: la desaparición de los contenedores en la vía pública y la mejora sustancial de la movilidad y la estética urbana.

Recogida en acera. Los contenedores para la recogida selectiva están ubicados en la calle, muy cerca del usuario, para facilitar al máximo la colaboración ciudadana. Un recorrido inferior a cincuenta metros es un buen indicador de este nivel de recogida. Se aplica en ciudades con alta densidad de población. En estos puntos se sitúan grandes contenedores de volumen entre 0,8 y 3,2 m³ (figura 1a,c).

Recogida en áreas de aportación (AA). Los contenedores se sitúan en un área de aportación relativamente alejada del ciudadano (entre 80 y 250 metros). Se aplica en ciudades con alta densidad de población. En estos puntos se sitúan grandes contenedores de volumen entre 0,8 y 3,2 m³ (figura 1d).

Actualmente en España, para las grandes urbes, se está implantando el PaP en zonas con difícil acceso para los camiones recolectores (centros históricos) o baja densidad de población. En un horario establecido, los cubos de la recogida separada de la FO se dejan en la calle hasta que pasa el servicio de recogida. Es en poblaciones de menos de 5000 habitantes donde la recogida PaP más sentido tiene, ya que este tipo de localidades suelen estar situadas en zonas rurales, con una alta demanda de compost de calidad para enmienda de suelos.

La recogida PaP de la FO permite obtener un compost de calidad, con niveles de impropios en el contenedor inferiores al 15 % (Artola et al., 2014; Gallardo et al., 2017). Estos niveles tan bajos se logran sobre todo en pequeños municipios, debido a que los residuos no entregados correctamente no son recogidos por parte de la empresa gestora (Artola et al., 2014).

Aunque la recogida separada de la FO encarece la gestión, si la segregación de la FO es elevada, permite que la fracción resto se pueda recoger con una frecuencia inferior, abaratando el coste del proceso de recogida. Además, en la recogida PaP la limpieza del contenedor la suele hacer el usuario. Por otro lado, ese tipo de recogida da lugar a una FO de alta calidad y con un muy bajo porcentaje de impurezas, siendo compatible con un tratamiento biológico de máxima simplicidad tecnológica y, por lo tanto, un menor coste de inversión. Entre las desventajas del sistema PaP, destacan: un mayor esfuerzo para el ciudadano y la proliferación de bolsas o cubos en los centros históricos (que habitualmente suelen ser zonas turísticas).

La recogida mediante AA y acera es más ágil y rápida que la PaP. Los costes también se reducen considerablemente respecto a la PaP. Entre los problemas que plantea este sistema, está la ocupación del espacio público, la posible aparición de focos de suciedad y manchas en los alrededores de los contenedores. Debido a que en este sistema la participación es voluntaria, la FO recuperada es del orden del 40 % y con mayor proporción de impropios respecto a la recogida personalizada (Artola et al., 2014).

En las ciudades con gran densidad de población se deben de emplear sistemas de recolección mediante contenedores en AA, pero valorando el uso de la recogida personalizada de la FO en hostelería y zonas de baja densidad como las áreas residenciales. Si se quiere bajar la cantidad de impropios en el contenedor, se puede utilizar el llamado “contenedor discriminado” (el contenedor está cerrado y se necesita una tarjeta nominativa para abrirlo).



a) Contenedor 1.100 L, carga trasera



b) Contenedor de 240 L ,carga trasera



c) Contenedor 3.200L, carga lateral



d) Contenedor 2 compartimentos

Figura 1: Ventajas e inconvenientes de cada modelo de gestión de la FO

Por otro lado, en función del grado de fraccionamiento en origen de los RSU, la prerrecogida de la FO se puede clasificar en:

Modelo de residuo mínimo. Se basa en la recogida de cuatro fracciones: FO, papel-cartón, vidrio y envases ligeros más resto (E+R). La fracción E+R, específica de este modelo, se lleva a plantas de selección donde se recuperan los envases y demás fracciones aprovechables. En envases ligeros se incluyen los envases de plástico, metal y brik.

Modelo multiproducto (también llamado “húmedo-seco”). Se basa en la recogida de cuatro fracciones: FO, vidrio, multiproducto (papel-cartón y envases ligeros) y resto. Se junta en un mismo recipiente la fracción envases ligeros y papel-cartón, por lo que los ciudadanos deben de realizar menos esfuerzos a la hora de separar en sus casas.

Modelo de cinco contenedores. Los RSU se fraccionan en cinco flujos: FO, papel-cartón, vidrio, envases ligeros y resto. Este modelo destina un contenedor exclusivo a la materia orgánica y es coloquialmente conocido como “quinto contenedor”.

Modelo de doble flujo. En este modelo se separan en origen los restos de comida y los restos de jardinería. El modelo está referido exclusivamente a la FO. El resto de fracciones se pueden dividir como en los casos anteriores.

En el modelo de “residuo mínimo” el contenedor de E+R se ubica en nivel de acera y a nivel de AA se recoge la FO, el papel-cartón y el vidrio. Las experiencias de implantación de este sistema muestran que el porcentaje de separación de la FO y sobre todo de envases ligeros es mayor que en otros sistemas de recolección, también el grado de calidad de la FO es elevado (Franco, 2017). Finalmente, los mayores problema están en que se hace necesario disponer de plantas de recuperación para separar la fracción E+R, con una tecnología adecuada para recuperar la mayor cantidad de envases posible, y la calidad de los envases es inferior a si son recogidos separadamente.

El modelo multiproducto es utilizado en las poblaciones donde la dispersión de la población es grande y limitada en número, ya que la recogida conjunta de papel-cartón y envases aporta una gran ventaja en términos logísticos. La disposición más común es situar tres contenedores a nivel de acera (FO, restos y multiproducto) y un AA para contenedor del vidrio. El grado de calidad de la FO es elevado.

Finalmente, el mayor inconveniente del modelo es que el papel en las plantas de selección de envases se puede contaminar.

El modelo del quinto contenedor se utiliza en zonas y barrios con elevada densidad de población. La disposición más común de los contenedores es situar dos contenedores a nivel de acera (FO y restos) y tres en AA (papel-cartón, envases y vidrio). El grado de calidad de la FO es elevado. Los inconvenientes son la mayor ocupación del espacio público (al utilizar 5 contenedores) y costes más altos de recogida por una mayor segregación de los RSU.

La razón de utilizar el modelo de doble flujo para la recogida de la FO se debe a que la materia orgánica se descompone en diferentes tiempos. Así, el tiempo de descomposición de la madera y restos de hojas es más largo que para los restos de comida. La recogida se debe hacer PaP. El modelo de doble flujo está implantado actualmente en varias localidades italianas, como Bolonia (Franco, 2017). El grado de calidad de la FO es elevado y el compost obtenido es de máxima calidad al segregar materia orgánica de poda y doméstica. Las desventajas son la mayor ocupación del espacio público (6 contenedores) y los elevados costes de la recogida. Es sistema es apropiado para zonas rurales y residenciales unifamiliares con jardín.

3.2. Sistemas de recogida

A continuación, se describen las alternativas que se pueden dar para la recolección de la FO:

Recogida mediante carga trasera. En este sistema, el camión está equipado con una caja compactadora con carga trasera (figura 2a). Los peones de la recogida acercan los contenedores a la parte trasera, se vacían mecánicamente en el interior de la caja, mientras el compactador minimiza el volumen de los desechos. El equipo de trabajo está formado por un conductor y dos operarios. También existe el vehículo de carga trasera con su caja dividida en dos, la relación más común es 70/30 (Resto/FO), lo que permite realizar un tipo de recogida llamada bicompartimentada. La recogida de las fracciones orgánica y resto se puede hacer por este sistema. Para la primera se utilizan cubos de 800 L (fracción resto) y para la segunda recipientes de 360L (FO).

Recogida mediante carga lateral. En este caso, el vehículo está provisto de dos brazos mecánicos laterales que vacían contenedores de gran volumen (3.200 L). Para el buen funcionamiento del sistema es necesario que junto al contenedor no haya vehículos u otros obstáculos que impidan el trabajo de vaciado (figura 2b). Con este tipo de camión solo se necesita un conductor para realizar la actividad.

Recogida mediante carga lateral bicompartimentada. Este sistema es una variante de la carga lateral, el proceso de vaciado de los contenedores es el mismo. Permite recolectar al mismo tiempo y de forma simultánea dos fracciones (normalmente FO y resto). Por tanto, no hace falta duplicar los contenedores ni las rutas de los vehículos de recogida. De este modo se reduce la disposición de contenedores en la vía pública y se obtiene un ahorro energético en la recogida. Al igual que en el caso anterior, con este tipo de camión solo se necesita un conductor para realizar la actividad.

Recogida mediante el sistema bilateral (sistema “Easy”). Este sistema tiene muchas similitudes con la carga lateral, con la diferencia de que el vaciado de los contenedores se realiza mediante carga superior y siendo además indiferente que los contenedores estén a la derecha o a la izquierda del

vehículo (figura 2c). Es un sistema totalmente automatizado, en el que el conductor del camión, sin la ayuda de ningún peón, controla todos los movimientos del vehículo durante la maniobra de carga y descarga. En este sistema la grúa robotizada deja el contenedor en el lugar exacto donde ha sido recogido.

Recogida neumática. El sistema de recogida neumática de residuos consiste en disponer una serie de buzones de vertido conectados, a través de conductos subterráneos, a un punto de aspiración (figura 2d). Los buzones se pueden encontrar en el interior de las viviendas, en áreas comunitarias dentro de los edificios o en áreas públicas exteriores. El ciclo de recogida se inicia cuando se depositan los residuos en los buzones. Éstos, por gravedad, caen hasta las válvulas instaladas en niveles inferiores y allí se acumulan temporalmente. Los sistemas neumáticos se dividen en función del proceso de aspiración en estáticos y móvil (Gallardo, 2011):

Sistema estático. El sistema de recogida neumática utiliza aire para transportar los residuos a través de una red subterránea de tuberías a una central de recogida, donde son compactados en contenedores cerrados. Esta corriente de aire es generada por grandes ventiladores que provocan una presión negativa en la red, al entrar el aire por los puntos de recogida arrastra los residuos hasta la central de recogida.

Sistema móvil. Este sistema cuenta con bajantes verticales conectadas a unos contenedores, que a su vez están conectados mediante tuberías entre ellos formando grupos, cada grupo tiene un punto de succión donde se conecta un vehículo que aspira los residuos de forma periódica.

Tradicionalmente, la recogida mediante carga trasera ha sido el sistema más extendido en España y Europa. La población deposita los residuos separados en los contenedores ubicados en la calle, que tienen una capacidad de entre 90 y 1.100 L. La recogida de las fracciones orgánica y resto se puede hacer por este sistema. Para la primera se utilizan cubos de 360 L y para la segunda recipientes de 800 L. Para calles estrechas o aquellas que presentan gran complicación para el acceso, se utilizan pequeños recolectores con volúmenes de 3 a 7 m³. Finalmente, la alta densidad de la FO, de 0,6 a 0,7 kg/m³, permite el uso de recolectores sin sistema de compactación en zonas de baja densidad.

La recogida mediante carga lateral ha crecido en popularidad en los últimos 20 años. En casos de desbordamiento y/ o acceso difícil para el camión, es necesario contar con un vehículo llamado satélite, que recoge las bolsas que hay fuera del contenedor. La capacidad de los contenedores utilizados habitualmente en carga lateral es de 1.700, 2.200 y 3.200 L. Es el sistema de recogida más eficiente en cuanto a coste de recogida por unidad compactada y gasto energético. Como inconveniente, las dimensiones de los vehículos necesitan calzadas anchas y solo se puede recoger por un lado de la calle, por tanto en calles o vías de un único sentido se acumulan los contenedores a un lado.

En la recogida mediante carga lateral bicompartimentada, tanto la FO como la de resto se depositan en un solo contenedor, con una tapa de dos colores y dos espacios separados (figura 1d): uno 1/3 del volumen para la FO y el otro, de 2/3 del volumen, para el resto. El volumen del contenedor es de 3.200 L. Las ventajas del sistema es que se disminuye el número de contenedores en la vía pública y existe un ahorro energético al recogerse las dos fracciones conjuntamente. Para que este sistema sea efectivo las dos fracciones deben tener un destino común. La mayor desventaja es que el índice de impropios es bastante elevado, tanto por mal uso de los usuarios como por rebuscadores de basura.

Para mejorar este aspecto, una solución que se ha implantado ha sido utilizar bolsas de color gris, para restos, y bolsas de color naranja para la FO, de esta forma se facilita que no existan confusiones a la hora del vertido en el contenedor (Franco, 2017).

Respecto al sistema bilateral, si bien se ha implantado en España en algunas ciudades total o parcialmente (Barcelona, Lleida, Madrid, Sevilla, Palma de Mallorca), el inconveniente del sistema es el alto coste. Por un lado, el precio de los contenedores (unos 1.400 €/unidad) es el doble que un recipiente de carga lateral y cinco veces más que uno de carga trasera (figura 2c). Por otro, debido al uso de la toma de fuerza para la descarga, el coste energético en la etapa de recogida y transporte es más elevado que en otras opciones (Franco, 2017).

La principal ventaja de la recogida neumática es que se minimizan las molestias producidas por los camiones de la recogida: incremento del tráfico, emisiones de CO₂ y ruido. No aparecen contenedores en las calles y, además, al ser las bocas de entrada de los residuos pequeñas se evita que se introduzcan determinados tipos de residuos impropios. Por el contrario, el uso de estos sistemas conlleva el realizar una fuerte inversión (es complicada la implantación en áreas urbanas ya consolidadas), el gasto energético es elevado y se precisa un alto grado de colaboración ciudadana.



Carga trasera



Carga lateral



Carga bilateral



Sistema neumático

Figura 2: Sistemas de recogida de la FO

4. Caso práctico

La población elegida es un municipio de 40.000 habitantes situado en el área metropolitana de Valencia (España) que cuenta con la mayor densidad de población de España con 21.010,19 hab/km². No se trata de una población turística y la mayor fluctuación de población se produce en el mes de agosto, con una pérdida de población estacional que se traduce en una reducción del 22 % de la generación de RSU. Casi toda la población son edificios altos, las antiguas casas de 2, 3 alturas conviven con los edificios y no hay zonas de casco antiguo definido. La localidad presenta calzadas anchas y sin zonas de entramados estrechos.

El objetivo del caso práctico es lograr una recogida separada de la FO en dicha población, con el menor impacto medio ambiental, un coste económico sostenible y teniendo en cuenta las circunstancias actuales.

4.1 Características del actual sistema de recogida de RSU

El sistema actual de recogida selectiva está formado por una prerrecogida en cuatro fracciones: mezcla (FO más resto), papel-cartón, vidrio y envases (plástico, metal y brik). La fracción mezcla es recogida a nivel de acera y las otras fracciones en AA.

El sistema de recolección actual de la fracción mezcla es de carga lateral en prácticamente todo el municipio, excepto en algunos tramos de calles que hay contenedores de carga trasera de 1.100 L, así como en zonas comerciales y deportivas. El parque de contenedores está compuesto por 276 unidades de contenedores de carga lateral de 3.200 L y 64 unidades de carga trasera de 1.100 L.

4.2 Modelo de prerrecogida elegido

En la figura 3 se exponen las ventajas e inconvenientes de cada modelo aplicado a la localidad de estudio.

Personalizada PaP	<ul style="list-style-type: none"> • La alta densidad de población desaconseja este tipo de recogida
Residuo Mínimo	<ul style="list-style-type: none"> • Menor ocupación en vía pública de los contenedores, buenos ratios de recuperación orgánica y envases ligeros. • La planta de destino necesitaría una inversión para la adecuación de la maquinaria.
Doble flujo	<ul style="list-style-type: none"> • Localidad altamente urbanizada o sin zonas residenciales, no existe flujo de residuos de poda domiciliaria.
Modelo multiproducto	<ul style="list-style-type: none"> • Menor ocupación en vía pública de los contenedores, menor coste de la recogida selectiva. • La planta de recuperación de papel está muy próxima a la localidad, contaminación de la fracción papel cartón.
Quinto contenedor	<ul style="list-style-type: none"> • Buena adaptación al sistema actual, fácil implantación. • Mayor ocupación de la vía pública. Alta fracción de impropios.

Figura 3: Ventajas e inconvenientes de cada modelo de gestión de la FO

Se propone por tanto la recogida de la FO mediante el modelo de quinto contenedor, ya que es el que mejor se adapta al actual sistema de recogida, permite recoger los flujos de residuos de la localidad y es acorde a las infraestructuras para el tratamiento posterior de los residuos.

4.3 Sistema de recogida elegido

Una vez determinado el modelo de prerrecogida, queda por decidir el sistema de recolección más adecuado, de acuerdo a las características de la población. A continuación, se exponen las ventajas e inconvenientes de la implantación de cada sistema en la ciudad.

Tabla 1: Ventajas e inconvenientes de cada modelo de recolección de la FO

Sistema de recolección	Ventajas	Inconvenientes
CARGA TRASERA		Alta ocupación del espacio público, por contenedores de 1.100 L. Excesivo precio de la recogida.
CARGA LATERAL	Es el sistema actual, por lo que se pueden usar los vehículos existentes. No hace falta cambiar los contenedores actuales. Buen ratio recolección (t/contenedor).	La contenerización está solo en un lado de la calle. Hay calles de carga trasera.

CARGA BILATERAL	Permite distribuir los contenedores a ambos lados de la calle. Buen ratio recolección (t/contenedor). Permite recoger en calles que la carga lateral tiene problemas.	Mayor consumo energético, convivirían dos sistemas diferentes de recogida, coste más elevado de los contenedores. Hay calles de carga trasera.
CARGA LATERAL BICOMPARTIMENTADA	Mejor opción económicamente y medioambientalmente, menor espacio ocupado en vía pública.	Actualmente la FO va a una planta diferente que la fracción resto. Alta cantidad de impropios. Hace falta inversión en contenedores.

De los dos sistemas que podrían ser más adecuadas carga bilateral y lateral, se ha escogido este último por:

Menor coste de la contenerización necesaria, ya que se aprovecharán los actuales recipientes existentes.

Menor inversión en la flota de vehículos, ya que los recolectores bilaterales tienen un coste sensiblemente superior.

Menor coste energético, el coste por tonelada recolectada es muy superior en los sistemas bilaterales, debido al tiempo de uso de la toma de fuerza (Franco 2017).

Mayor integración de los contenedores de carga lateral en el entorno debido a la homogeneidad de los contenedores FO y resto.

El modelo adoptado de quinto contenedor, es adecuado al flujo de tratamiento de residuos existentes para la zona donde se ubica la localidad, tanto en lo que respecta a las fracciones Resto y FO (que se tratan en plantas diferentes) como de las fracciones envases ligeros y papel cartón. La proximidad a las plantas, los tratamientos diferenciados de cada fracción, así como la alta densidad de población y alta generación de residuos de todas las fracciones, hace que sea la solución óptima.

La carga lateral es la solución ideal para aplicar el sistema de quinto contenedor a la población ya que permite aprovechar los medios mecánicos existentes y hacer frente a la alta densidad de población de localidad. Por otra parte, si bien es cierto que es de esperar porcentajes del orden del 20 al 30 % de impropios en la FO recogida, la población no cuenta con zonas agrícolas donde aplicar un compost de calidad.

5. Conclusiones

La recogida separada de la fracción orgánica permite simplificar su tratamiento y obtener un compost de calidad, además de mejorar la calidad del resto de corrientes de residuos recogidas selectivamente.

A la hora de recuperar la fracción orgánica de los RSU de forma separada hay que tener en consideración todos aquellos factores que afectan directamente al proceso de recogida. A partir de aquí, no existe un único modelo sino que se pueden realizar las combinaciones más adecuadas de prerrecogida y sistemas de recolección que determinen un modelo que comporte un mayor beneficio económico y ambiental.

En este trabajo se han presentado las actuales alternativas de prerrecogida de la FO y de sistemas de recolección, exponiendo sus ventajas e inconvenientes, para que los técnicos competentes en materia de gestión de residuos puedan diseñar los modelos de recogida separada que mejor se adapten al lugar que necesitan gestionar.

6. Referencias

Artola, A.; Sánchez, A. (2014). De residuo a recurso. Ed. Mundi-prensa.

Franco, J (2017). Diseño de una metodología para la obtención de soluciones a la recogida de FORM en entornos Smart Cities. Tesis Doctoral. Universitat Jaume I (España).

Gallardo, A.; Prades, M.; Bovea, M.D.; Colomer, F.J. (2012). Separate collection systems for urban waste (UW). En Kumar S. y Bharti A. (Ed.), Management of organic waste (pp. 115-132). Rijeka (Croacia): INTECH.

Gallardo, A., Edo-Alcón, N., Carlos, M., Colomer, F. J., Esteban-Altabella, J., Muñoz-Capitán, N., Muñoz, A. (2017). Hacia el quinto contenedor: experiencia piloto de recogida selectiva de residuos orgánicos en Castellón de la Plana. Equipamiento Y Servicios Municipales, 182, 24–31.

Gallardo, A., (2011). La recogida y el transporte de los residuos urbanos. En Márquez-Benavides, L. (Ed.), Residuos Sólidos: un enfoque multidisciplinar (pp. 129-176). Buenos Aires: Libros en Red

Schüch, E.; Morscheck, G.; Lemke, A.; Nelles, M. (2016). Bio-waste Recycling in Germany Further Challenges, Procedia Environmental Sciences, Volume 35, 2016, Pages 308-318, ISSN 1878-0296

SNU (2000). Optimitzar la recuperació de la matèria orgànica i del rebuig, fitxes de sostenibilitat. Ajuntament de Barcelona, Direcció de Serveis de Neteja Urban (SNU).