



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+l 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

Recogida separada de la fracción orgánica procedente de los residuos sólidos urbanos: resultados de la experiencia piloto desarrollada en Castellón de la plana (España)

Gallardo Izquierdo, Antonio^{1*}; Edo-Alcón, Natalia¹; Colomer Mendoza, Francisco J¹, Jorge Ortiz, Andrea¹; Badenes Catalán, Cristobal¹; Colás Ramos, Vicente²; Apolinar Roig, Vicente²

¹INGRES Ingeniería de Residuos, Universidad Jaume I, Castellón, España, gallardo@uji.es

²FCC Medio Ambiente SA, Castellón, España

Resumen

La Unión Europea (UE) adoptó en el año 2015 un ambicioso paquete de medidas para impulsar la transición de Europa hacia una economía circular. Las acciones propuestas contribuirán a “cerrar el círculo” de los ciclos de vida de los productos a través de un mayor reciclado y reutilización. En este sentido, en mayo de 2018 el Consejo de la UE publicó un conjunto de directivas sobre residuos, las cuales establecen objetivos más estrictos para el reciclaje y la reducción del vertido. Entre estos objetivos se encuentra la preparación para la reutilización y el reciclaje del 55% de los residuos sólidos urbanos (RSU) en 2025 y del 60% en 2030; el reciclaje de un 65% del total de residuos de envases para el 2025 y del 70% para el 2030, y la reducción del vertido de residuos al 10% para el 2030. Por todo ello, las entidades responsables de la gestión de residuos deberán encontrar y adoptar nuevas soluciones para el cumplimiento de los mismos.

Con el objetivo de aumentar el porcentaje de residuos reciclables separados en origen y minimizar los residuos destinados a vertedero, en muchas ciudades españolas se está empezando a implantar la recogida separada de la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos (FORSU). En este artículo se presenta el análisis de los resultados obtenidos de un proyecto piloto para la implantación de dicha recogida en Castellón de la Plana (España). Se ha determinado la cantidad y calidad de los residuos depositados en el contenedor de la FORSU y los factores que afectan a su funcionamiento. Los resultados obtenidos permitirán diseñar la recogida en toda la ciudad.

Palabras clave: FORSU, RSU, recogida separada, economía circular.

1. Introducción

La legislación española, en su Ley 22/2011 de Residuos y Suelos Contaminados establece, entre otras cosas, la necesidad de adoptar medidas para impulsar la recogida separada de biorresiduos. Como consecuencia de esta ley, se tienen que desarrollar planes y programas para llevar a cabo este tipo de acciones.

De este modo, uno de los objetivos del Plan Estatal Marco de Gestión de Residuos (PEMAR, 2016-2020) del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente de España es la promoción de medidas que impulsen la recogida separada de biorresiduos para su compostaje y digestión anaerobia, así como para promover el uso ambientalmente seguro del compost producido en el sector de la agricultura, la jardinería y la restauración de áreas degradadas.

Recientemente, la Unión Europea (UE) publicó un conjunto de directivas sobre residuos, las cuales establecen objetivos más estrictos para el reciclaje y la reducción del vertido, cuyo principal objetivo es la reducción del depósito de RSU en vertedero (vertedero sanitariamente controlado) al 10% para el 2030. Por

todo ello, las entidades responsables de la gestión de residuos deberán encontrar y adoptar nuevas soluciones para el cumplimiento de este.

Respecto a los residuos domésticos o RSU, en España existen hasta seis modelos de recogida selectiva atendiendo a las fracciones que se recogen de forma separada. Entre todos ellos se encuentra el modelo de cinco contenedores: vidrio, papel-cartón, envases ligeros, resto y fracción orgánica (biorresiduos).

Algunas Comunidades Autónomas españolas prevén desde hace tiempo en sus planes autonómicos de gestión de residuos la implantación de la recogida selectiva de la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos (FORSU). Es el caso de Madrid, Cataluña, Aragón, Castilla-La Mancha, Islas Baleares, Andalucía, Cantabria y el País Vasco. En 1996 se llevaron a cabo las primeras iniciativas de recogida selectiva de la FORSU en Cataluña, Córdoba e incluso, anteriormente, en 1992 se implantó en la Mancomunidad de Montejurra (Navarra). Además, en los últimos años han ido apareciendo nuevos proyectos o experiencias piloto en lugares como Victoria-Gasteiz, La Rioja, otros municipios de Navarra y, más recientemente, en ciudades como Madrid, Valencia o Zaragoza.

Cataluña es una de las comunidades pioneras en la implantación de la recogida separada de materia orgánica. Según la Agencia de Residuos de Cataluña, en 2017 la recogida selectiva de la FORSU, servicio prestado por 768 municipios y que suponen el 98,5% de la población catalana, ascendió a un total de 378.942 toneladas, con una tasa de recogida de 0,14 kg/hab-día (50,93 kg/hab-año), lo que representa un 27,29% del total de los residuos recogidos selectivamente y un 10,24 % en relación a todos los residuos municipales generados (ARC 2017).

En el País Vasco, según la Estadística de Residuos Urbanos del departamento de Medio Ambiente, Planificación Territorial y Vivienda de esta comunidad, en 2016 se recogieron 42.092 toneladas de FORSU, suponiendo un 14,71 % de todos los residuos recogidos separadamente y un 3,71% de total de residuos generados. La tasa de recogida selectiva de la FORSU fue de 0,05 kg/hab-día (19,1 kg/hab-año). Esta cifra es tan baja porque la recogida selectiva no está implantada en todos los municipios (Gobierno Vasco 2016).

En Navarra, el auto-compostaje doméstico y el comunitario está muy extendido (18.900 familias), no obstante, esta comunidad autónoma dispone de cuatro plantas de tratamiento de la FORSU. En 2017 se recogieron selectivamente 22.078 toneladas de FORSU procedentes de ocho mancomunidades (Montejurra, Sakana, Ribera, Ribera Alta, Pamplona, Valdizarbe, Mairaga y Bortziriak-Baztán-Malerreka) con una población atendida de 285.865 habitantes (45% de la población total) y una tasa media de 0,21 kg/hab-día (77 kg/hab-año), que incluye también grandes generadores (Gobierno de Navarra, 2018).

En este artículo se presenta el análisis de los resultados obtenidos en el proyecto piloto para la implantación de un quinto contenedor para la recogida selectiva de la FORSU en Castellón de la Plana (España). El objetivo principal de este trabajo de investigación ha sido determinar la cantidad y composición de los residuos depositados separadamente en el contenedor de la fracción orgánica en tres áreas piloto de esta ciudad, así como hacer un análisis de los resultados obtenidos.

2. Metodología

2.1 Descripción de la zona de estudio

Castellón de la Plana es una ciudad costera del mar Mediterráneo, ubicada en la Comunidad Valenciana (España), con una población de 170.888 habitantes en el año 2018. La recogida total de RSU para ese mismo año fue de 69.437 toneladas, de las cuales la fracción mezcla (también llamada fracción resto) alcanza la cantidad de 59.994 toneladas. Actualmente la ciudad tiene implantados tres sistemas de recogida de la fracción resto: recogida puerta a puerta mediante contenedores de 240 L; recogida en acera mediante sistema de carga trasera (contenedores de 1.000L) y recogida en acera mediante sistema de carga lateral (contenedores de 3.200L). A nivel de área de aportación se recogen separadamente papel/cartón (2.444 t/año), vidrio (1.382 t/año) y envases (plástico, metal y brik), 1.314 t/año.

2.2 Descripción de la experiencia piloto

La prueba piloto de recogida separada de la FORSU se realizó en dos áreas de la ciudad con sistemas de recogida diferentes y se definió una tercera zona formada por productores singulares (hoteles, restaurantes, bares, comercios de comestibles y comedores de colegios) dispersos por toda la ciudad. En la tabla 1 se muestran las características de cada una de las zonas. En las zonas 1 y 2 los contenedores de la FORSU se situaron al lado del contenedor de resto, siendo del mismo tamaño. En el caso de los productores singulares, se les proporcionó un contenedor de 240 L y la recogida fue puerta a puerta. En todos los casos la frecuencia fue de siete días a la semana (la frecuencia fue progresiva, de 3 días/semana los primeros 3 meses, a 7 días/semana los 3 últimos).

Tabla 1: Características de las zonas de estudio

Zona	Hab.	Sistema de recogida	Contenerización		
			Vol. (L)	Unidades	Ratio (hab/cont.)
Zona 1	843	Carga trasera	1.000	10	84,3
Zona 2	1.820	Carga lateral	3.200	6	303,3
Productores Singulares	41 puntos	Carga trasera	240	41	-

2.3 Duración y campaña de sensibilización

La duración de la experiencia fue de seis meses (del 26 de septiembre de 2018 al 25 de marzo de 2019), 181 días de recogida. Además, entre el 15 y el 30 de septiembre, la empresa y el Ayuntamiento informaron a los ciudadanos participantes de cómo se desarrollaría la recogida separada de la fracción orgánica y de lo fundamental que iba a ser su papel en ese tiempo. Se distribuyeron gratuitamente folletos informativos, cubos y bolsas biodegradables para la FORSU.

2.4 Determinación del número y tamaño de muestra para la caracterización de la FORSU

A la hora de calcular el número de muestras mínimo para la caracterización de residuos no existe ninguna metodología estandarizada, sino que existen diferentes métodos que se aplican y utilizan en cada región o país. De todas ellas, en este estudio se ha utilizado la metodología desarrollada por la Comisión Europea en 2004 para el análisis de residuos sólidos (SWA-Tool) (European Commission, 2004). La cual establece una serie de recomendaciones y mínimos estándares para la caracterización de los RSU.

La SWA-Tool propone para el cálculo del número de muestras la ecuación 1, utilizando para ello datos sobre la composición de los residuos (medias y desviaciones estándar) procedentes de estudios que se hayan realizado con anterioridad o de estudios piloto previos.

$$n = t_{\alpha; n-1} \cdot CV \cdot \sqrt{2} \quad (1)$$

Donde:

n: Número de muestras.

$t_{\alpha; n-1}$: Es la desviación del valor medio que se acepta para lograr el nivel de confianza deseado $(1-\alpha)$.

1: Viene expresado por el coeficiente de confianza de la distribución “t” para un nivel de significación “ α ” y $n-1$ grados de libertad. El valor más utilizado es el nivel de confianza 95% y $t_{0,05; \infty} = 1,960$.

CV: Es la varianza que se espera encontrar en la población, expresada mediante el Coeficiente de Variación (en tanto por uno):

$$CV = \frac{s}{x}$$

Los datos de medias (x) y desviaciones estándar (s) se deben obtener de un estudio piloto previo.

: Margen de error máximo que se admite (en tanto por uno).

El número de muestras obtenido ha sido de 7 para cada zona (en total 21 caracterizaciones). Se ha tomado como referencia la composición media del contenedor de FORSU obtenida en el año 2017 por Gallardo et al. (2017), considerando solo la materia orgánica, para un nivel de confianza del 95% y un error del 10%. Respecto al error elegido, Pehlken, et al. (2000) consideran adecuado tomar un error del 10% en los muestreos de RSU.

En la tabla 2 se muestran todos los datos necesarios para realizar el cálculo y el resultado obtenido (número de muestras necesario) tras la aplicación de la ecuación 1 para la fracción de materia orgánica del contenedor de la FORSU.

Tabla 2: Cálculo del tamaño de muestra

Contenedor	Fracción	Estudio Piloto año 2017*			t _{0,05;∞}	(‰)	n
		Media (%)	Desv. St (%)	CV (‰)			
FORSU	Mat. Orgánica	77,02	10,12	0,13	1,96	0,1	7

*Gallardo et al. (2017)

El tamaño mínimo de muestra hace referencia a la cantidad de residuos que se han de caracterizar en cada una de las muestras. La metodología SWA–Tool recomienda que este debe de ser el volumen de un contenedor, sin tener en cuenta los residuos contenidos dentro del mismo. Normalmente, en un mismo municipio o ciudad existen contenedores de diferentes tamaños, por lo que la metodología recomienda elegir como tamaño de muestra el volumen del tipo de contenedor más comúnmente utilizado. En el estudio piloto se han utilizado contenedores de tres volúmenes diferentes (tabla 1), estableciéndose como tamaño mínimo de muestra el volumen de 1.000 L.

2.5 Caracterización de la FORSU

Las caracterizaciones del contenedor de FORSU se realizaron en las instalaciones de la empresa FCC Medio Ambiente S.A., participante en el trabajo de investigación y gestora de la recogida de RSU de la ciudad. Se tomó una muestra por cada día de la semana.

En la tabla 3 se definen las categorías de residuos a separar en las caracterizaciones, junto con una breve descripción y algunos ejemplos. En el caso de la fracción orgánica (FO) los materiales que la componen vienen definidos por el Ayuntamiento de Castellón.

Tabla 3: Categorías de residuos

Categoría	Notas	Ejemplos típicos
Fracción orgánica	Cualquier tipo de residuos biodegradable originado en las cocinas, incluye las bolsas biodegradables para la FO.	Restos de carne, pescado, frutas, verduras, huevos, café, infusiones, frutos secos, corcho, pan, hojas secas y papel cocina sucio.
Papel / Cartón	Residuos que actualmente se depositan en el contenedor de papel/cartón.	Revistas, periódicos, libros, sobres, folios, bolsas de papel, papel de regalo, tickets, cajas de cartón, cajas de galletas, etc.
Envases	Residuos que actualmente se depositan en el contenedor de envases.	Botellas de aguas o refrescos, botellas de productos de limpieza, envases de productos de belleza, tubos pasta de dientes, brik de leche y zumos, lastas de bebida, latas de conservas, etc.
Textil	Cualquier tipo de residuo textil.	Ropa, trapos, calcetines, medias, sacos o bolsas de tela, trozos de tela, gorras, guantes, hilos o cuerdas, alfombras, cortinas, sábanas, toallas, etc.

Vidrio	Residuos que actualmente se depositan en el contenedor de vidrio.	Botellas de vidrio, botellines de cerveza, botellas de zumos, tarros de cristal, etc.
Resto	Cualquier tipo de residuos que no se ha contemplado en categorías anteriores.	Peligrosos, celulosa sanitaria, pañales, electrónicos, inertes, madera, etc.

2.6 Determinación de las cantidades recogidas de FORSU

Para determinar las cantidades depositadas en los contenedores de la FORSU se procedió a la recogida por separado de cada una de las zonas estudiadas. Posteriormente se pesaron los residuos en las instalaciones de la empresa.

3. Resultados y discusión

3.1. Composición del contenedor de FORSU

La composición media y la desviación estándar de la FORSU para cada una de las zonas estudiadas se expone en la tabla 4. Se puede observar que los porcentajes de la FO del contenedor de FORSU son muy elevados, superando el 90 % en las tres zonas. En la Zona 1 la media obtenida ha sido de 91,07%, inferior a las de las Zonas 2 y 3, pero con una desviación estándar mucho más elevada debido a las variaciones encontradas en los días de muestreo.

La categoría de impropios es la suma de envases, papel/cartón, vidrio, textil y otros, siendo un material no deseado para este contenedor. La fracción de envases ha sido la más importante, a excepción de la Zona 1 donde ha sido el vidrio. Esta fracción estaba formada principalmente por bolsas no biodegradables donde los ciudadanos depositaban la FO (Figura 1).

Así pues, en la caracterización se pudo observar que, aproximadamente, la mitad de las bolsas que aparecían eran de plástico no biodegradables, mientras que la otra mitad correspondían a bolsas biodegradables que se habían repartido en la campaña de sensibilización. Por lo que, si se hubiesen repartido más bolsas biodegradables probablemente se hubiera rebajado el porcentaje de envases. Cabe señalar que no se encontraron utensilios de plástico de un solo uso (platos, cubiertos, vasos, etc.).

Tabla 4: Composición contenedor FORSU

Fracciones	Zona 1 (%)		Zona 2 (%)		Prod. Singulares (%)	
	Media	Desv. St.	Media	Desv. St.	Media	Desv. St.
Fracción Orgánica	91,07	14,52	97,82	1,82	98,17	0,90
Impropios	8,93	14,52	2,18	1,82	1,83	0,90
<i>Envases</i>	1,84	1,17	1,30	0,94	1,18	0,78
<i>Papel/Cartón</i>	0,69	1,38	0,23	0,41	0,38	0,39
<i>Vidrio</i>	5,24	12,11	0,00	0,00	0,00	0,00

<i>Textil</i>	0,01	0,02	0,15	0,28	0,04	0,10
<i>Otros</i>	1,15	1,41	0,51	0,79	0,23	0,39

La fracción de “otros” estaba formada por: excremento de perros, guantes de látex, pañales, cargadores de teléfono, tiras de caucho, papel encerado, cápsulas de café, bastoncillos, envases de pastillas, celulosa sanitaria y pilas.



Figura 1: Fracciones de orgánica y de envases

Observando la tabla 4, a priori se podría decir que la composición del contenedor de FORSU es diferente en cada una de las tres zonas. No obstante, es importante conocer si estas diferencias son estadísticamente significativas mediante un contraste de medias. Una de las técnicas más utilizadas para ello es el Análisis de la Varianza o ANOVA (para poblaciones que siguen una distribución normal) o su homólogo no paramétrico el test de Kruskal Wallis (para poblaciones no normales). Tras realizar el ANOVA se determinó que no se puede asumir normalidad para ninguna de las fracciones y, por tanto, se aplicó el Test de Kruskal Wallis con un nivel de confianza del 95% ($\alpha=0,05$). Los resultados obtenidos tras la comparación de medias indican que no existen diferencias estadísticamente significativas para ninguna de las fracciones, ya que todos los p-valores obtenidos son mayores a 0,05 (tabla 5). Por tanto, se puede afirmar que la composición del contenedor de FORSU es igual en las tres zonas. Los análisis estadísticos se han realizado con el programa de acceso libre R y su paquete R Commander.

Tabla 5: Resultados Test de Kruskal Wallis: comparación de las tres zonas (año 2019)

Test de Kruskal Wallis	Mat. Orgánica	Impropios	Envases	Papel/Cartón	Vidrio	Textil	Resto
H	4,364	4,364	1,432	0,637	5,932	0,682	1,665
p-valor	0,113	0,113	0,489	0,727	0,052	0,711	0,435

Los resultados obtenidos del análisis estadístico permiten agrupar los datos de las tres zonas y obtener una composición media que se muestra en la figura 2.

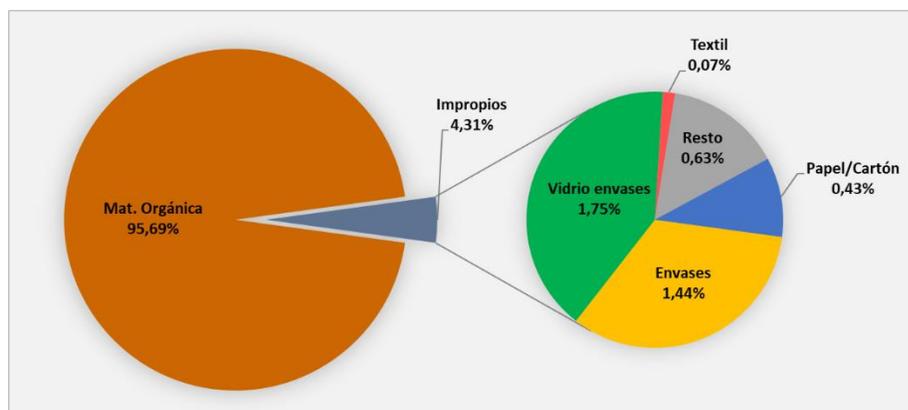


Figura 2: Composición media del contenedor FORSU en 2019

Gallardo et al. (2017) realizaron una experiencia piloto en la misma ciudad con características similares y obtuvieron un porcentaje de la FO de 86,15% en el contenedor de FORSU, menor que la obtenida en este trabajo. Puesto que se disponía de los datos de dicho experimento, se ha podido demostrar estadísticamente que ha habido un aumento en el porcentaje de la FO en el contenedor de la FORSU en 2019. Este aumento puede ser consecuencia en gran medida de la mayor concienciación de los ciudadanos con este tipo de recogida selectiva, lo que supone una separación de la fracción orgánica en los hogares con un menor contenido en impropios. Finalmente, si se compara con los resultados de ciudades parecidas del entorno de Castellón donde el sistema lleva implantado varios años, como Lleida (FO de 90,8%), Mataró (FO de 95,5%), Tarragona (FO de 91,9%), Badalona (FO de 84,0%) o Terrassa (FO de 84,8%) (SDR 2019), los resultados obtenidos en la experiencia piloto son muy buenos.

3.2. Recogida de la FORSU

En la tabla 7 se presentan los resultados de las cantidades recogidas en el contenedor de la FORSU. También se han definido los indicadores de Tasa de recogida diaria bruta de la FORSU (TRD_{FORSU_b}), expresada en kilogramos habitante y día, que indica la cantidad bruta de FO depositada en el contenedor y la Tasa de recogida diaria neta de la FORSU (TRD_{FORSU_n}), expresada en kilogramos habitante y día, que indica la cantidad neta de FO (sin considerar los impropios) depositada en el contenedor.

La TRD_{FORSU_b} en la zona 1 fue de 0,087 kg/hab-día, superior a la zona 2, que fue de 0,043 kg/hab-día. Este hecho puede ser debido a que la contenerización fue más alta, 84,3 hab/cont. en la zona 1 frente a 303 hab/cont. de la zona 2 (tabla 1). Gallardo et al. (2017) también determinaron el valor de ambos indicadores en una experiencia piloto que tuvo la misma duración. Obtuvo una TRD_{FORSU_b} de 0,022 kg/hab-día y una TRD_{FORSU_n} de 0,018 kg/hab-día. En el presente trabajo se han obtenido mejores resultados. Como en el caso de la composición, este aumento también puede ser debido a la mayor concienciación de los ciudadanos. Si se compara con resultados obtenidos en ciudades similares del entorno de Castellón, como Lleida (TRD_{FORSU_n} de 0,10 kg/hab-día), Mataró (TRD_{FORSU_n} de 0,11 kg/hab-día), Tarragona (TRD_{FORSU_n} de 0,06 kg/hab-día), Badalona (TRD_{FORSU_n} de 0,05 kg/hab-día) o Terrassa (TRD_{FORSU_n} de 0,08 kg/hab-día), los resultados obtenidos en la experiencia piloto son buenos.

Tabla 7: Datos de la recogida de la FORSU

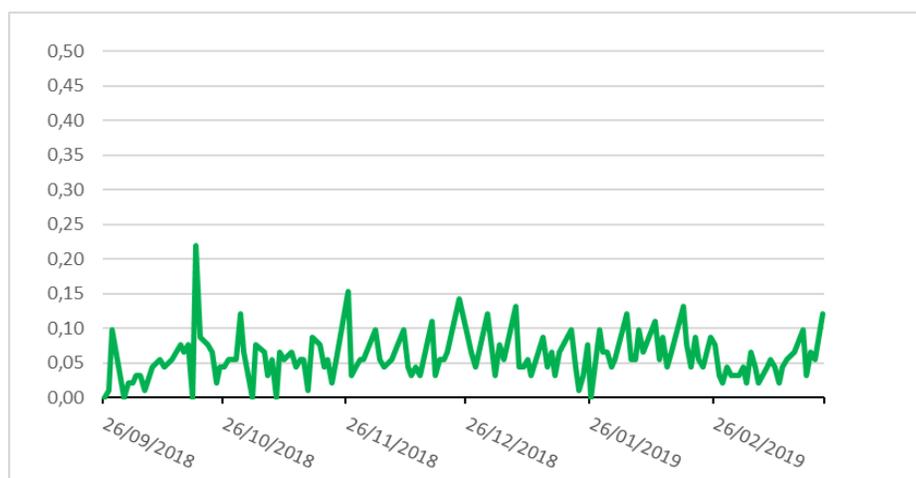
	Zona 1	Zona 2	P.S.
FORSU total bruta (kg)	13.421	14.280	14.598
TRD _{FORSU_b} (kg/hab-día)	0,087	0,043	1,97
TRD _{FORSU_n} (kg/hab-día)	0,079	0,042	1,93

Otro resultado importante del estudio es el porcentaje de FO desviada del contenedor resto al contenedor de FORSU. A partir de los datos aportados por la empresa se conoce que la TRD de la fracción resto es de 0,96 kg/hab-día y que el porcentaje de FO en el contenedor de resto es del 42,8%. A partir de estos datos y de la tabla 7 se ha podido determinar que se desvía un 19,22% de la FO en la zona 1 y un 10,22% en la zona 2. La separación en ambas zonas, aun siendo importante, no es suficiente para cumplir con los planes establecidos por la UE, por lo que se debe tomar medidas para incrementar estos porcentajes.

En cuanto a la recogida en los productores singulares, la TRD_{FORSU_b} fue de 1,97 kg/pto-día, mucho más elevada que en el resto de zonas puesto que, en general, son grandes generadores de materia orgánica.

Por otro lado, también se estudió la variación de la recogida a lo largo del tiempo que duró la experiencia piloto. En las figuras 3, 4 y 5 se presentan para las tres zonas de estudio las Tasas de recogida por día de recogida (TRdr), expresadas kilogramos de residuos por día de recogida, a lo largo del tiempo que duró la experiencia. Se puede observar cómo en ninguna de las zonas aparece una tendencia clara de variación a lo largo del tiempo, por lo que se puede considerar que la TRD_{FORSU_b} ha sido constante en todo el periodo. Este hecho lleva a pensar que las personas que desde un principio han participado en la experiencia lo han seguido haciendo hasta su finalización, y que a lo largo de la campaña no se han sumado más personas.

Respecto a los productores singulares, tampoco se detecta una tendencia clara de variación a lo largo del tiempo. Esto viene a confirmar que desde un principio los generadores han colaborado y han separada toda la fracción orgánica por ellos generada.

**Figura 3: Variación de la TRdr en la Zona 1 (kg/pto-día recogida) a lo largo del tiempo**

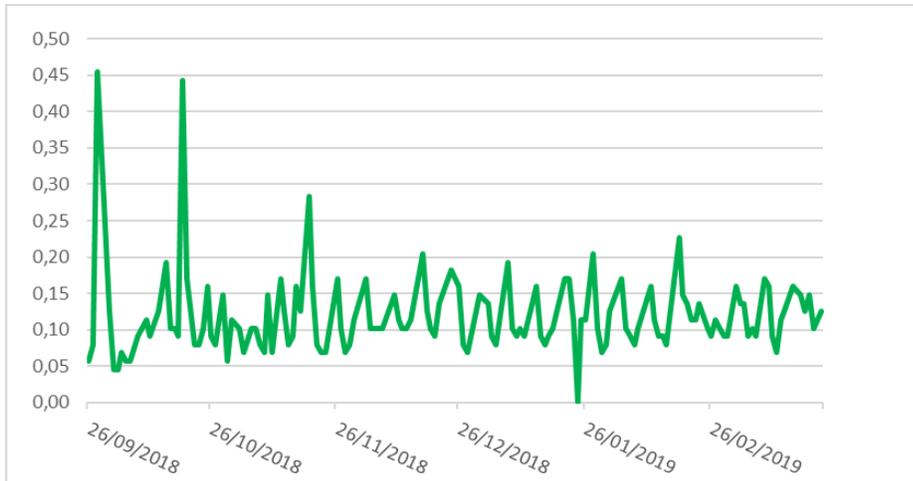


Figura 4: Variación de la TRdr en la Zona 2 (kg/pto-día recogida) a lo largo del tiempo

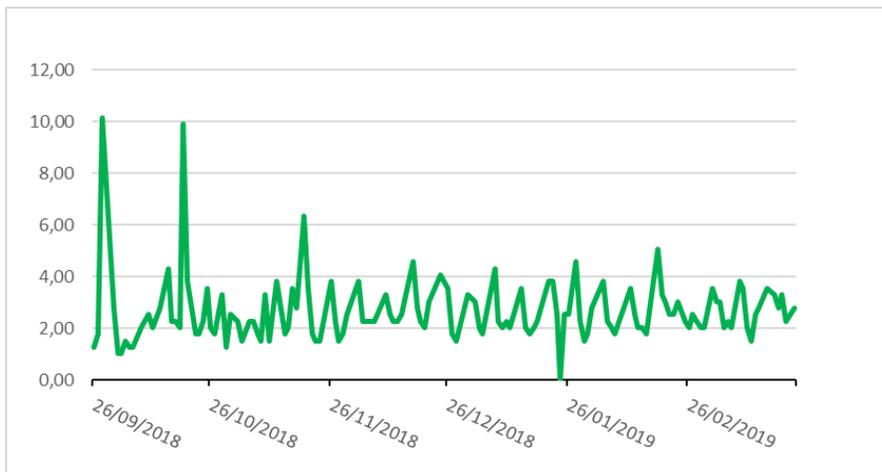


Figura 5: Variación de la TRdr en Productores Singulares (kg/pto-día recogida) a lo largo del tiempo

4. Conclusiones

Con el objetivo de conocer cuál puede ser la respuesta de la ciudadanía a la implantación de la recogida separada de la FORSU en la ciudad de Castellón de la Plana (España), se planteó una experiencia piloto de seis meses de duración. Se implantó dicha recogida en dos zonas con diferente sistema de recogida y en un conjunto de negocios generadores de grandes cantidades de FO. Como principales resultados se obtuvo la composición del contenedor de la FORSU y las tasas de recogida.

Respecto a la composición del contenedor de FORSU, se obtuvo un material de alta calidad, llegando a alcanzar el 98,17% de FO para los productores singulares, un 91,07% en la zona 1 y un 97,82% en la zona 2. Este resultado resulta muy positivo, pues son mejores resultados que los obtenidos en ciudades cercanas donde el sistema lleva implantado varios años.

Respecto a las cantidades recogidas, en la zona 1 se ha llegado a una TRD_{FORSU_n} de 0,079 kg/hab-año, similar a lo que recogen ciudades parecidas con sistemas ya implantados. Sin embargo, la desviación de la FO del contenedor de restos al contenedor de FORSU es tan solo de 19,2%, lo que no es suficiente de cara al cumplimiento de los objetivos de la UE para el año 2030.

Finalmente, cabe señalar que no ha existido una evolución positiva de los resultados a lo largo del tiempo en que duró el experimento. Este hecho sugiere que los ciudadanos que comenzaron participando lo han seguido haciendo hasta el final y no se han incorporado nuevos participantes

4. Referencias

Agencia de Residuos de Cataluña (ARC). (2017). Estadísticas de residuos municipales y recogida selectiva. Retrieved May 31, 2019, from <http://estadistiques.arc.cat/ARC/>

European Commission. (2004). *Methodology for the Analysis of Solid Waste (SWA-Tool)*.

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.

Gobierno de Navarra. (2018). *Residuos Doméstico y Comerciales: Inventario 2017*. Pamplona: Gestión Ambiental de Navarra para el Dpto. de Desarrollo Rural, Medio ambiente y Administración Local.

Gobierno Vasco. (2016). Estadísticas de Residuos Urbanos de la C.A del País Vasco. Departamento de Medio ambiente, planificación Territorial y vivienda. Retrieved May 31, 2019, from <http://www.euskadi.eus/gobierno-vasco/medio-ambiente/>

MAGRAMA. (2015). *Plan Estatal Marco de Gestión de Residuos (PEMAR) 2016-2022*. Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental y Medio Natural., Secretaría de Estado de Medio Ambiente, Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Madrid.

Parlamento Europeo y Consejo de la Unión Europea. (2018). *Directiva 2018/850/UE del Parlamento Europeo y del Consejo de 30 de mayo de 2018 por la que se modifica la Directiva 1999/31/CE relativa al vertido de residuos*. D. Of. la Unión Eur. Ser. L, 100–108.

Parlamento Europeo y Consejo de la Unión Europea. (2018). *Directiva 2018/851/UE del Parlamento Europeo y del Consejo de 30 de mayo de 2018 por la que se modifica la Directiva 2008/98/CE sobre los residuos*. D. Of. la Unión Eur. Ser. L, 109–140.

Parlamento Europeo y Consejo de la Unión Europea, (2018). *Directiva 2018/852/UE del Parlamento Europeo y del Consejo de 30 de mayo de 2018 por la que se modifica la Directiva 94/62/CE relativa a los envases y residuos de envases*. D. Of. la Unión Eur. Ser. L, 141–154.

Pehlken, A., Von Blottnitz, H., & Pretz, T. (2000). Requirements for the sampling of residual waste - Approach to developing a new sampling model. *Aufbereitungs Technik*, 41(9), 409–415.

Sistema Documental de Residuos (SRD) de la Agència de Residus de Catalunya. (2019). Caracterizaciones de la FORM. Retrieved May 31, 2019, from <https://sdr.arc.cat/sdr/GetLogin.do>