



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

La influencia de los sistemas móviles de recogida asociados a los puntos limpios

Badenes Catalán, Cristóbal; Gallardo Izquierdo, Antonio

INGRES, Ingeniería de Residuos, Universidad Jaume I, Avda. Vicent Sos Baynat, S/N, Castelló, España, cristobal.badenes@castello.es, gallardo@uji.es

Resumen

La problemática de los residuos sólidos urbanos en las áreas urbanas crece en la medida en que se pretende dar una mejor gestión a todas y cada una de sus fracciones. Más aún, cuando por motivos de tiempo o medio de transporte no es posible llevar ciertos residuos al punto limpio más próximo, que generalmente se encuentra en el extrarradio de las ciudades.

Una medida más en los esfuerzos por mejorar la situación medioambiental y dar un mejor servicio a los ciudadanos, es la dotación de puntos limpios móviles, con los que se trata de acceder al mayor número de habitantes posible, dando un servicio más cercano.

Generalmente un punto limpio móvil recoge residuos domésticos especiales no voluminosos procedentes de particulares, comercios y oficinas. Esta recogida de residuos del hogar, tiene relevancia en los pequeños municipios que carecen de puntos limpios fijos.

En esta ponencia se presentan los resultados del análisis de la eficiencia de la gestión de la recogida separada mediante puntos limpios, fijos y móviles. Así, se profundiza en el efecto de este tipo de servicio, el punto móvil, como complemento al punto limpio fijo a través de dos variables, la tasa de recogida (kg/hab año) y el número de visitas al año. Para llevar a cabo el trabajo se ha realizado una encuesta a un número importante de poblaciones de toda España.

Palabras clave: *Punto limpio móvil, punto limpio fijo, residuos sólidos urbanos, recogida separada.*

1. Introducción

Los residuos sólidos urbanos (RSU) están compuestos por una gran variedad de productos o subproductos de los que no todos deben acabar en el contenedor de la recogida ordinaria. En España, cuando un ciudadano pretende deshacerse de residuos distintos a los meramente habituales, se debe recurrir a un punto limpio.

Un punto limpio (figura 1) es una instalación para la recepción y almacenamiento temporal de determinados residuos de origen urbano, cuya eliminación conjunta con el resto de RSU plantea problemas operativos o ambientales.



Figura 1. Ejemplo de Punto Limpio Fijo

La característica fundamental de los puntos limpios es que el propio ciudadano es quien transporta el residuo y lo deposita en el centro, siendo ésta una instalación fija. La instalación está compuesta por un módulo de acceso, con un punto de control e información al usuario y de una zona de vertido de residuos dotada de contenedores específicos para cada producto. También contemplan muelles dotados de grandes contenedores para vertidos de mayor volumen directamente desde el vehículo del usuario (figura 1).

Como ejemplo de residuos generalmente aceptados en los puntos limpios fijos (PLF) están las pilas de todo tipo, baterías, electrodomésticos usados (incluso de gran tamaño), restos de pintura, aceites de cocina y de motor, halógenos o lámparas fluorescentes gastadas, aerosoles, muebles y otros objetos voluminosos como escombros y chatarra.

En Europa el concepto de PLF está muy extendido, no obstante existen algunas diferencias a nivel de instalaciones y funcionamiento según el país o la región. En todos ellos, se trata también de una instalación cerrada donde los usuarios llevan residuos que no tienen cabida en otro sistema de recogida selectiva. En Francia toman el nombre de “déchetterie”, en Alemania de “recyclinghof”, en Italia de “ricicleria” o “stazioni ecologiche” y en Reino Unido de “recycling centre” o “civic amenitie”.

Una medida más en los esfuerzos por mejorar la situación medioambiental y dar un mejor servicio a los ciudadanos, es la dotación de puntos limpios móviles (PLM), con los que se trata de acceder al mayor número de habitantes posible, dando un servicio de punto limpio mucho más cercano. Los PLM se acercan a los vecinos de cada barrio de la ciudad, o en su caso a los diferentes municipios mancomunados al objeto de mejorar la recogida separada. La figura de punto limpio móvil también aparece en países como Francia, Bélgica, Suiza y Reino Unido. En este último además existen los puntos limpios de barrio, denominados “neighbourhood recycling sites” Gallardo et al. (2015).

Un PLM consiste en un vehículo de grandes dimensiones con diferentes compartimentos para cada tipo de residuo, que va recorriendo las diferentes rutas con el objetivo de facilitar a los ciudadanos que separen sus residuos sin tener que desplazarse y con ello evitar que se depositen residuos de diferente índole (construcción, electrodomésticos, etc.) en las proximidades de los contenedores de recogida domiciliaria. Este vehículo transporta estos materiales al punto limpio fijo del municipio (figura 2).



Figura 2 Vehículo de punto limpio móvil

En ocasiones, en lugar de un vehículo se trata de un contenedor compartimentado y prefabricado que es depositado en un lugar de la ciudad por un camión-grúa y que posteriormente se retira al finalizar la jornada (figura 3).



Figura 3 Contenedor de punto limpio móvil

En cualquier caso, dadas las dimensiones reducidas en comparación con un punto limpio fijo, los residuos más comunes que se suelen aceptar en un PLM son: Pilas, aceite doméstico, libros, pequeños electrodomésticos (batidoras, cafeteras eléctricas, etc.), bombillas, tóner, radiografías, juguetes, CD-DVD, disolventes, aerosoles, pintura, teléfonos móviles, baterías, cargadores, etc. Cuando en una misma ciudad coexisten PLF y PLM, aparece lo que se llama un sistema redundante.

En esta ponencia se analiza el efecto del punto limpio móvil en la recogida de residuos especiales en los puntos limpios de diferentes municipios de la geografía española y de su influencia en la separación de residuos en origen.

2. Metodología

2.1. Determinación de la muestra

En primer lugar, se ha determinado una muestra de municipios españoles de las diferentes Comunidades Autónomas que forman España. Estos municipios se han clasificado atendiendo a dos variables: tamaño poblacional y Comunidad Autónoma a la que pertenecen.

En España existen 8.116 municipios. Con este valor real, se procedió a calcular el tamaño de la muestra por medio de la fórmula para la determinación de muestras en poblaciones finitas (Rojas, 2008):

$$n = \frac{Z^2 PqN}{e^2(N-1) + Z^2 Pq} \quad (1)$$

Donde:

Z = porcentaje de fiabilidad deseado para la media muestral (95%), se toma 1,96.

e = error máximo permitido para la media muestral, se toma el 10%.

N = tamaño del universo total, en este caso será de 8.116 municipios.

P = porcentaje de veces que se supone que ocurre un fenómeno en el universo total. Se ha adoptado la opción más conservadora, estima que el fenómeno ocurre el 50% de las veces, se toma el valor de 0,5

q = es la no ocurrencia del fenómeno. (1-P). Se toma el valor de 0,5

Respecto al error elegido, se ha tomado como referencia a Pehlken (Pehlken et al., 2000), dónde consideran adecuado tomar un nivel de confianza del 95% y un error del 10% en los muestreos en materia de RSU. Como resultado de aplicar la fórmula, el número de municipios a encuestar obtenido ha sido de 95.

Conocido el tamaño de la muestra necesario, se ha determinado su distribución. Atendiendo al tamaño poblacional, se ha decidido segmentar las poblaciones en función del número de habitantes. Para ello se ha tenido en cuenta los siguientes criterios:

- Clasificación de municipios adoptada por el Instituto Nacional de Estadística, donde existen siete segmentos de población que van desde los 100 hasta los 500.000 habitantes, se ha realizado una reducción que permite agrupar los municipios de manera uniforme, pero sin alejarse demasiado de los patrones establecidos en las diferentes
- Segmentación propuesta por Prades M (2014) donde se establecían segmentos de 1.000-5.000 habitantes, 5.001-20.000 habitantes, 20.001-50.000 habitantes, 50.001-100.000 habitantes.
- Dificultad de encontrar puntos limpios (fijos o móviles) en municipios de población inferior a 2.000 habitantes.

La población se ha dividido en 5 segmentos: 0-5.000 habitantes, 5.001-20.000 habitantes, 20.001-50.000 habitantes, 50.001-100.000 habitantes y más de 100.001 habitantes.

Además del tamaño de la población, se ha establecido una segunda clasificación agrupando a los municipios según la Comunidad Autónoma (CA) a la que pertenecen. En España existen 17 CCAA. Este motivo, geográfico y político, se fundamenta en que la normativa en materia de residuos varía de unas a otras, dado

que la recogida, el transporte y el tratamiento de los residuos municipales corresponden a las entidades locales en la forma en que se establezcan en sus respectivas ordenanzas y siempre en el marco jurídico establecido por la legislación estatal y sectorial específica.

2.2. Definición de la encuesta

Una vez elegida la muestra y su distribución, se elaboró una encuesta piloto proponiendo diferentes cuestiones en materia de residuos, pero especialmente orientada a las características de los puntos limpios del municipio.

Esta encuesta piloto fue remitida a municipios cercanos, en los que existía un contacto más directo o un interlocutor conocido del que se podía obtener un *feed back* respecto a las debilidades de la encuesta inicial. Estos municipios fueron Benicassim, Castellón de la Plana y Algimia de Alfara.

De esta manera, se fueron afinando detalles y parámetros de la encuesta que no estaban previstos inicialmente y que después formaron parte de la encuesta final. Como ejemplo, respecto a la población potencial a la que daba servicio el ecoparque, se aconsejó por parte de los encuestados dividirla en temporadas (octubre-mayo y junio-septiembre) dada la marcada estacionalidad turística en determinadas zonas de la geografía española.

Tras concretar las preguntas elegidas y el formato a utilizar, se remitió la encuesta vía correo electrónico autorrellenable a los diferentes municipios.

En las preguntas formuladas se encontraban, entre otras cuestiones, las siguientes:

1. Información general (Número de Puntos Limpios, Ciudad, Año de referencia)
2. Datos de la instalación (Nombre del Punto Limpio, Dirección, Año de construcción, Número de visitas/año)
3. Gestión (Pública o Privada, población potencial, horarios)
4. Características de diseño (Localización, Distancia respecto del núcleo urbano, Superficie aprox. en m², Contenerización y equipamientos, Cantidad de residuos que acumula anualmente, existencia de punto limpio móvil)

Respecto al punto limpio móvil se ponía el foco en la existencia o no del servicio, la tasa de aportación (kg/hab.año), y la afección respecto al número de visitas totales (punto limpio móvil y punto limpio fijo) en función de la población a través del ratio visitas/hab.año. De esta manera, se podría analizar la influencia de los sistemas móviles en la recogida separada respecto al punto limpio.

3. Resultados y discusión

3.1 Resultados de la encuesta

El resultado fue satisfactorio pese a que no se obtuvo contestación de todos ellos, y las respuestas obtenidas en algunos casos eran incompletas. Por ello, hubo que acudir a diferentes fuentes supramunicipales e incluso contactar directamente vía telefónica con los encuestados para recabar mayor información.

Inicialmente de las 95 encuestas enviadas se recibieron 74 respuestas, lo que suponía una participación de casi el 78%. Por tanto, se optó por recabar más información a partir de que vía telefónica, páginas web, etc. Con todo ello se logró un total de 85 respuestas, lo que subió la participación al 89,47%. Todo este proceso tuvo una duración aproximada de ocho meses.

Se ha procedido a calcular el error real obtenido mediante su cálculo utilizando la ecuación 1 y considerando $n=85$, obteniéndose un error real del 10,5%, que apenas se desvía de la suposición inicial.

La representación por CA no ha quedado muy equilibrada según se puede observar en la tabla 1, el mayor número de respuestas vinieron de la Comunidad Valenciana y Cataluña, seguidas de Andalucía y País Vasco.

Finalmente, pese a que no era objeto de la encuesta, varios municipios insistieron en la importancia de la publicidad de los días y rutas que existirán en el servicio de punto limpio móvil para maximizar su uso por parte de particulares, comercios, oficinas y servicios, cuya producción de residuos, por su naturaleza o composición, pueda asimilarse a los producidos en los domicilios particulares.

3.2 Existencia de Punto Limpio Móvil

Respecto a la existencia o no de punto limpio móvil como complemento del fijo, se han obtenido los resultados que se muestran en la tabla 1.

Tabla 1. Existencia de punto limpio móvil por CA y tamaño población

POBLACIÓN	Comunidad Valenciana		Cataluña		País Vasco		Navarra		Castilla La Mancha		Andalucía	
	Sí	No	Sí	No	Sí	No	Sí	No	Sí	No	Sí	No
A (0 - 5.000)	4	20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
B (5.001-20.000)	11	4	1	-	-	-	-	-	-	-	1	3
C (20.001-50.000)	12	3	2	1	-	-	-	-	-	-	1	-
D (50.001-100.000)	3	-	4	-	-	4	-	1	-	1	1	4
E (más de 100.001)	3	-	4	-	-	-	-	-	-	-	1	-

Atendiendo a la zona geográfica, se observa cómo dependiendo de esta, se dan más o menos casos de puntos limpios móviles. Así, en el levante de la península (C. Valenciana y Cataluña) se trata de un servicio con gran presencia en la mayoría de municipios, mientras que en la zona sur (Andalucía y Castilla La Mancha) todavía está en proceso de instauración (ver tabla 1). Del resto de CCAA no se obtuvo ninguna información.

Como reflexión indicar que, los costes de los servicios públicos aumentan con la dispersión geográfica y tal vez por ello, nos encontramos con que el uso de puntos limpios móviles es menos frecuente en el norte y sur peninsular en comparación con el levante de España donde la densidad de población es más elevada.

Del mismo modo, atendiendo al tamaño poblacional del municipio, podemos concluir que, el punto limpio móvil, se trata de un servicio con mayor presencia en los núcleos de más poblados. La mayor disponibilidad de recursos económicos en estos municipios, así como la presión por parte de agrupaciones vecinales, asociaciones y demás entes sociales con toda probabilidad fomentan la mejora de los servicios públicos de manera general y en concreto, de éste.

Por otro lado, los pequeños municipios, generalmente mancomunados para la prestación de los servicios de gestión de residuos, son menos ágiles a la hora de cambiar sus contratos de gestión de residuos y por tanto, de incluir nuevas prestaciones como lo es un punto limpio móvil.

3.3 Tasa de recogida

Respecto a la tasa de recogida de residuos, expresada en kilogramos por habitante y año, los municipios encuestados no disponen de la información segregada (punto limpio fijo y punto limpio móvil) ya que

muchos de los puntos limpios móviles no disponen de báscula. Por ello, en las siguientes tablas (ver tabla 2) se muestra la tasa total, analizando posteriormente la influencia del punto limpio móvil en ésta:

Tabla 2. Tasa de recogida (kg/hab.año) según existencia de Punto Limpio Móvil

Tasa/ P.L. Móvil	Comunidad Valenciana				Cataluña			País Vasco			Navarra			Castilla La Mancha			Andalucía			
	Sí P. L. Móvil	kg/hab.año	NO P. L. Móvil	kg/hab.año	Sí P. L. Móvil	kg/hab.año	NO P. L. Móvil	kg/hab.año	Sí P. L. Móvil	kg/hab.año	NO P. L. Móvil	kg/hab.año	Sí P. L. Móvil	kg/hab.año	NO P. L. Móvil	kg/hab.año	Sí P. L. Móvil	kg/hab.año	NO P. L. Móvil	kg/hab.año
A (0-5.000)	4	68,245	70,04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
B (5.001-20.000)	1	73,457	45,06	1	60	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	51,503	17,09	-
C (20.001-50.000)	1	58,396	20,36	2	63,03	40,46	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	72,43	-	-
D (50.001-100.000)	3	48,07	-	4	54,57	-	-	-	4	79,32	-	-	1	11,49	-	1	13,01	1	63,454	74,99
E (más)	3	19,	-	4	36,	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1,48	-	-

de 100.0 01)	4 1			5 9														
--------------------	--------	--	--	--------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Se ha pretendido analizar la influencia de la existencia de PLM en la mayor tasa de recogida de residuos en puntos limpios. Sin embargo, se ha detectado que este ratio apenas se ve influenciado por la existencia o no de PLM (ver tabla 2). Se observan datos contradictorios en cada una de las CCAA, lo que lleva a no poder concluir que exista relación directa entre esta variable y la existencia o de dotación de punto limpio móvil. Además, debe reseñarse que la fracción con mayor aportación al peso es la de residuos en los puntos limpios procede de los residuos de la construcción y demolición (RCD's), que generalmente, por su volumen no se acepta en los puntos limpios móviles.

3.4 Visitas al Punto Limpio

Respecto al indicador de Visitas al punto limpio, expresado en visitas/hab.año, se ha calculado la media de las visitas por habitante de todos los municipios, resultando una media de 0,46 visitas/hab.año en los municipios donde sí que existe punto limpio móvil y de 0,44 visitas/habitante en los que no. Si se analiza por municipios y CCAA (ver tabla 3) se observa que ésta aumenta con la existencia de punto limpio móvil. La recogida con sistemas redundantes (fijos y móviles) da un mayor servicio al ciudadano y por tanto aumenta el número de visitas/habitante.

Tabla 3. Visitas al Punto Móvil

	Comunidad Valenciana				Cataluña				País Vasco				Navarra				Castilla Mancha				La Andalucía														
Visitas/ P.L. · Móvil	Nº	SÍ	Vi	Nº	Nº	SÍ	Vi	Nº	Nº	SÍ	Vi	Nº	Nº	SÍ	Vi	Nº	Nº	SÍ	Vi	Nº	Nº	SÍ	Vi	Nº	Nº	SÍ	Vi	Nº	Nº	SÍ	Vi	Nº	Nº	SÍ	Vi
	P.L.	P.L.	s/ ha	P.L.	P.L.	P.L.	s/ ha	P.L.	P.L.	P.L.	s/ ha	P.L.	P.L.	P.L.	s/ ha	P.L.	P.L.	P.L.	s/ ha	P.L.	P.L.	P.L.	s/ ha	P.L.	P.L.	P.L.	s/ ha	P.L.	P.L.	P.L.	s/ ha	P.L.	P.L.	P.L.	s/ ha
	Móvil	Móvil	Móvil	Móvil	Móvil	Móvil	Móvil	Móvil	Móvil	Móvil	Móvil	Móvil	Móvil	Móvil	Móvil	Móvil	Móvil	Móvil	Móvil	Móvil	Móvil	Móvil	Móvil	Móvil	Móvil	Móvil	Móvil	Móvil	Móvil	Móvil	Móvil	Móvil	Móvil	Móvil	Móvil

A (0-5000)	4	0,64	20	0,59	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
B (5001-20000)	11	0,75	4	0,11	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	3	-		
C (2001-50000)	12	0,54	3	0,20	2	0,58	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-		
D (5001-100000)	3	0,20	-	-	4	0,20	-	-	-	-	4	0,14	-	-	1	-	-	1	0,10	1	-	4	-
E (más de 100001)	3	0,11	-	-	4	0,50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-

4. Conclusiones

Desde un punto de vista global, se puede concluir que el PLM es un servicio que no está diseñado para recoger más cantidad de residuos, sino para fomentar la separación en origen de materiales “poco pesados” pero peligrosos o muy peligroso, como los que se han definido en el apartado anterior. Debe destacarse que en los puntos limpios fijos, los RCD’s y los enseres voluminosos suponen la mayor parte del porcentaje en peso de lo que allí se recoge. Y ninguno de estos dos tipos de residuos se permite recoger en los puntos limpios móviles.

La recogida con sistemas redundantes (fijos y móviles) da un mayor servicio al ciudadano y por tanto aumenta el número de visitas/habitante. Esto repercute directamente en la mejora de la eficiencia de otros circuitos de recogida, existiendo una menor cantidad de impropios en el contenedor habitual, así como en la reducción de vertidos incontrolados. Por lo tanto, es aconsejable diseñar sistemas redundantes de recogida selectiva mediante puntos limpios móviles ya que fomenta el uso de los puntos limpios en su conjunto y la separación en origen.

Es destacable también la presencia de puntos limpios móviles en la zona Sur y Este de España, donde las condiciones climatológicas son generalmente más suaves que en el resto del país. Un futuro caso de estudio podría centrarse en el análisis de los factores climatológicos y de su influencia en la dotación o no de este tipo de servicio.

5. Referencias

Gallardo, A.; Edo, N.; Colomer, F.J.; Carlos M. (2015). Estudio de la eficiencia en la recogida de residuos domiciliarios especiales mediante puntos limpios. Recuperado en marzo de 2019 de <https://www.aepro.com/files/congresos/2015granada/04013.4420.pdf>

Prades M. (2014). Modelización de la eficiencia de la recogida selectiva de los residuos sólidos urbanos en España. Tesis Doctoral. Universitat Jaume I. España

Rojas, L.D. (2008). La importancia de la participación ciudadana en los programas de recogida selectiva de residuos sólidos urbanos. Análisis de la población inmigrante de la ciudad de Valencia, España. Tesis Doctoral. Universidad de Valencia. España.

Ministerio de Fomento; DG de Arquitectura, Vivienda y Suelo; SG de Suelo, Información y Evaluación. Áreas urbanas en España 2018. Constitución, Cuarenta años de las ciudades españolas (2018). Recuperado en marzo de 2019 de www.fomento.gob.es

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA. Consultada en marzo de 2019 en www.ine.es

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.