

LIBRO TRABAJOS TÉCNICOS

**8° CONGRESO INTERAMERICANO
DE RESIDUOS SÓLIDOS
DIRSA/AIDIS
ISBN 978-85-93571-08-4**

22 a 24 de mayo 2019, Asunción Paraguay



Comité Organizador

Presidente del 8º Congreso de Residuos:

PhD. Ing. Pilar Tello Espinoza - Presidenta del Consejo Consultivo de AIDIS y Premio DIRSA 2014

Presidente de AIDIS:

MSc. Ing. Nery Martín Mendez y Méndez

Presidente de AIDIS Paraguay:

Ing. Francisco Martinez

Director DIRSA:

Ing. Geovanis Arrieta

Director General del Congreso:

Ing. Haydée Aguadé

Director Técnico del Congreso:

PhD. Ing. Angel Rincón

Coordinación de logística:

MSc. Evelyn Martinez

Coordinadores de Reunión de Universidades y Centros de Investigación:

PhD. Ing. Darci Barnech Campani – Ing. Marcela Garcia

Responsable Plataforma AIDIS:

MSc. Ing. Nicolás Cordero

Coordinador de visitas técnicas

Ing. Mabel Casco

Coordinador de Actividades Sociales:

Ing. Alicia Blanco

Comité de Revisores de trabajos técnicos:

Dr. Ing. Darci Barnech Campani (Brasil)
 Ing. Francisco De La Torre (Ecuador)
 Ing. Geovanis Arrieta (Colombia)
 Ing. Gustavo Solórzano (México)
 MSc. Ing. Heliana Katia Tavares Campos (Brasil)
 Ing. Jaime Carranza (Guatemala)
 Ing. Lennin Villalba (Ecuador)
 MSc. Ing. Evelyn Martinez (Paraguay)
 Ing. Maria José González (Uruguay)
 Ing. Mariana Robano (Uruguay)
 MSc. Ing. Nicolás Cordero (México)
 Dra. Ing. Pilar Tello (México)
 Ing. Rebeca Sánchez (Venezuela)
 Ing. Rosalba Sarafián (Argentina)
 Ing. Viviana Maria Zanta

ID	TITULO	AUTORES	PAIS
414	EL MANEJO DE RESIDUOS EN SITUACIONES DE DESASTRE NATURAL: CAPACIDAD DE RESPUESTA PARA EVITAR EPIDEMIAS EN PERÚ	ALBERTO HUIMAN CRUZ	PERU
416	SOLIDIFICACIÓN/ESTABILIZACIÓN COMO ALTERNATIVA DE TRATAMIENTO Y REUSO DE RELAVES	PEDRO GUADARRAMA GUZMAN GEORGINA FERNÁNDEZ VILLAGÓMEZ FRANCISCO SÁNCHEZ PÉREZ MARÍA TERESA ALARCÓN HERRERA JOSÉ LUIS MARTÍNEZ PALACIOS	MEXICO
419	IMPACTO EN LOS DERECHOS DE LAS MUJERES POR LA INADECUADA GESTIÓN DE RESIDUOS Y NECESIDAD DE GENERACIÓN DE POLÍTICAS PÚBLICAS	ALBERTO HUIMAN CRUZ	PERU
420	BIODEGRADACIÓN COMO ALTERNATIVA DE GESTIÓN DE LOS AGROPLÁSTICOS UTILIZADOS EN LA AGRICULTURA PROTEGIDA EN EL CAMPO MEXICANO.	DELGADO LÓPEZ CHRISTIAN AXEL GEORGINA FERNÁNDEZ VILLAGÓMEZ ORTA LEDESMA MARÍA TERESA GAVILÁN GARCÍA IRMA CRUZ ROMERO MARES PATRICIA ISABEL	MEXICO
421	FORTALECIMIENTO DEL RECICLAJE INCLUSIVO EN LOS BARRIOS DEL SUR Y DOS PARROQUIAS RURALES DE NUEVA LOJA, ECUADOR	PIETRO GRAZIANI	ECUADOR
422	IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE RECOLECCIÓN DE RESIDUOS COMERCIALIZABLES, EN LA CIUDAD DE RIOBAMBA, ECUADOR	PIETRO GRAZIANI	ECUADOR
423	PROPUESTA PARA LA REHABILITACIÓN DE UN SUELO CONTAMINADO POR UN 1,2-DICLOROETANO	RAÚL HERNÁNDEZ BECERRIL LUIS ANTONIO GARCÍA VILLANUEVA ANA LUCERO ISIDRO GUADALUPE	MEXICO
426	PLAN DE MANEJO PARA LOS RESIDUOS PELIGROSOS GENERADOS EN EL COMPLEJO PETROQUÍMICO COSOLEACAQUE.	OMAR CÉSAR SÁNCHEZ DOMINGUEZ LUIS ANTONIO GARCÍA VILLANUEVA SÁNCHEZ VILLALOBOS MOISÉS	MEXICO
430	RELLENO SANITARIO PARA EL MUNICIPIO DE VALENZUELA	ROBERTO ALEJANDRO ROJAS HOLDEN RICARDO MENDOZA WUEBER BOGADO CARLOS ALONSO	PARAGUAY
431	ANÁLISIS COMPARATIVO DE DRENAJE ÁCIDO DE MINA: CASO DOS PRESAS DIFERENTES DE RESIDUOS DE JALES MINEROS MÉXICO	FERNANDO B. SALAS URVIOLA GEORGINA FERNÁNDEZ VILLAGÓMEZ PEDRO GUADARRAMA GUZMAN JESÚS FIDEL GONZÁLEZ SÁNCHEZ LUIS ADRIÁN BARRAZA TORRES	MEXICO
434	UTILIZACIÓN DE ALMACENAMIENTO TÉRMICO EN EL SECADO DE LIXIVIADO DE RELLENO SANITARIO	RODRIGO POBLETE CHÁVEZ OSVALDO PAINEMAL	CHILE

437	ALTERNATIVAS DE GESTIÓN DE RESIDUOS EN LA FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE ASUNCIÓN, PARAGUAY.	LUIS MORINIGO MAGALÍ ALVARENGA	PARAGUAY
438	BIODIGESTIÓN ACELERADA DE RESIDUOS ORGÁNICOS DEL MERCADO MAYORISTA DEL DMQ USANDO BACTERIAS METANOGENICAS	JUAN ANDRES VALDEZ BEDOYA MADISON EDUARDO HERRERA CARRION EVELYN LIZETH MANOBANDA TOAPANTA LISSETH MARIANELA CARLOSAMA MEJIA	ECUADOR
439	A ATUAÇÃO DO TRABALHO SOCIAL NA EDUCAÇÃO COMUNITÁRIA EM OBRA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO EM FORTALEZA-CE	FLÁVIA CRISTINA DA SILVA SOUSA TALEIRES ALISSON CARLOS MELO OLIVEIRA	BRASIL
440	DIGESTIÓN ANAEROBIA DE LODOS FISICOQUÍMICOS Y EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL DIGESTATO	MARIANA MENDOZA SÁNCHEZ PERLA XOCHITL SOTELO NAVARRO ROSA MARÍA ESPINOSA VALDEMAR	MEXICO
441	CARACTERIZACIÓN Y TRATAMIENTO BIOLÓGICO DE LIXIVIADO GENERADO EN UN RELLENO SANITARIO	ANDRES GALINDO MONTERO ESTEFANY PIMIENTA SERRANO	COLOMBIA
444	AVALIAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS GERADOS NA ESCOLA DE ADMINISTRAÇÃO DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL	ANGÉLICA DE PAOLI SCHMIDT DARCI BARNECH CAMPANI MIRTHA GOALCONDA VASQUES RODRIGUES SANDRA REGINA CELA	BRASIL
446	ESTIMACIÓN DE LA GENERACIÓN DE BIOGAS A PARTIR DE ASENTAMIENTOS EN CELDA 1, RELLENO SANITARIO TECNOAMBIENTE, MIRAMAR, COSTA RICA	NIDIA CRUZ ZUÑIGA JUAN DIEGO FERNÁNDEZ TORRES	COSTA RICA
447	IMPLEMENTATION OF A HOMEMADE COMPOSTING PROJECT IN A CONDOMINIUM	ANDRESSA APARECIDA PIOVEZAN DARCI BARNECH CAMPANI REJANE MARIA CANDIOTA TUBINO LUIZA VIVIAN SANTOS RODRIGO KANNO	BRASIL
450	ESTRUTURAÇÃO DE INDICADORES EM PLANOS MUNICIPAIS DE GESTÃO INTEGRADA DE RESÍDUOS SÓLIDOS (PMGIRS)	GABRIEL CARDOSO ÁVILA	BRASIL
452	GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS DE PAPEL NA UNIVERSIDADE DE CAXIAS DO SUL/RS - BRASIL: ESTUDO DE CASO	VANIA ELISABETE SCHNEIDER SOFIA HELENA ZANELLA CARRA DENISE PERESIN ADELMAR POSTO MERBA WILLIAM LUAN DECONTO	BRASIL
454	DIAGNÓSTICO DA GERAÇÃO DE RESÍDUOS AGROSSILVOPASTORIS, BIOMASSA E POTENCIAL DE BIOGÁS EM ANTÔNIO PRADO – RS/BR	VANIA ELISABETE SCHNEIDER SOFIA HELENA ZANELLA CARRA DENISE PERESIN BIANCA BREDÁ	BRASIL
456	O IMPACTO ECONÔMICO E AMBIENTAL DA DESTINAÇÃO DE RESÍDUOS ORGÁNICOS EM ATERROS SANITÁRIOS	MARGARETE SPONCHIADO ALCIONE APARECIDA DE ALMEIDA ALVES ALINE RAQUEL MÜLLER TONES SAIONARA ELIANE SALOMONI VANIA ELISABETE SCHNEIDER	BRASIL

457	DISCUSSÃO QUANTO À DEPOSIÇÃO CLANDESTINA DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO CIVIL EM BELO HORIZONTE (BRASIL)	RAPHAEL TOBIAS DE VASCONCELOS BARROS HENRIQUE SILVA SILVEIRA NETO	BRASIL
458	UNA COMPARACION ENTRE LAS LEYES DE RESÍDUOS SÓLIDOS MENDOZA (ARGENTINA) Y MINAS GERAIS (BRASIL)	RAPHAEL TOBIAS DE VASCONCELOS BARROS MARIA BELÉN LEVATINO	BRASIL/ARGENTINA
459	PRESENCIA DE RESIDUOS SÓLIDOS EN CINCO PLAYAS MEXICANAS Y SU RELACIÓN CON INDICADORES DE CALIDAD AMBIENTAL	ARELY AREANELY CRUZ SALAS ALETHIA VÁZQUEZ MORILLAS JUAN CARLOS ALVAREZ ZEFERINO SARA OJEDA BENÍTEZ SAMANTHA CRUZ SOTELO MARGARITA BELTRÁN VILLAVICENCIO	MEXICO
461	COMPOSICIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS EN LA ZONA RESTAURANtera Y HOTELERA DE UNA PLAYA MEXICANA	ARELY AREANELY CRUZ SALAS ALETHIA VÁZQUEZ MORILLAS JUAN CARLOS ALVAREZ ZEFERINO SARA OJEDA BENÍTEZ MARÍA DEL ROSARIO ENRÍQUEZ ROSADO MARÍA DEL ROCÍO GUTIÉRREZ ORTÍZ	MEXICO
463	ESTUDO DO CENÁRIO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS ORGÂNICOS NO MUNICÍPIO DE BELO HORIZONTE - BRASIL	LARISSA MARQUES DINIZ MARTINS RAPHAEL TOBIAS DE VASCONCELOS BARROS	BRASIL
464	NOVAS PERSPECTIVAS DE REAPROVEITAMENTO DE RESÍDUOS AGROALIMENTARES - UMA ANÁLISE SOBRE RESÍDUOS ÚMIDOS DE CERVEJARIA	LARISSA MARQUES DINIZ MARTINS RAPHAEL TOBIAS DE VASCONCELOS BARROS	BRASIL
465	ESTUDIO PARA EL SANEAMIENTO Y CLAUSURA DEL BOTADERO DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DEL MUNICIPIO DE FONSECA, LA GUAJIRA-COLOMBIA	JHONNY PÉREZ MONTIEL ANDRES GALINDO MONTERO ENRIQUE TONCEL PACHECO	COLOMBIA
469	UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS DE FITAS DE ARQUEAR NA SUBSTITUIÇÃO DE FIBRAS CONVENCIONAIS EM MATRIZ CIMENTÍCIA	JORGE LUCAS AMARO NUNES PERBOYRE BARBOSA ALCÂNTARA GERSON MELO DE ALMEIDA LEANDRO WILLIAM SILVA BRITO	BRASIL
470	ACTIVIDADES DE COMPOSTAJE EN LA ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO: VALOR ECONÓMICO DE MACRONUTRIENTES	JANNETH JARA SAMANIEGO ERICA AUQUILLA TIXI JANNETH MARIA GALLEGOS NUÑEZ	ECUADOR
471	ANÁLISIS COMPARATIVO DE FILTROS DE TABACO MEDIANTE CROMATOGRAFÍA DE GASES	ERIKA JOHANNA MANCERO CHICAIZA JONATHAN RAFAEL LINCANGO TUQUERRES VICTOR JOHN RUEDA PUNINA DIANA ELIZABETH GARCÍA TUMIPAMBA FREDDY VICENTE CUARÁN SARZOSA	ECUADOR
472	DETERMINACIÓN DE LA LÍNEA BASE PARA LA GESTIÓN INTEGRAL DE LOS RESIDUOS SOLIDOS GENERADOS EN LA UNIVERSIDAD DE LA GUAJIRA, SEDE RIOHACHA	ESTEFANY VANNESSA PIMIENTA SERRANO ANDRES GALINDO MONTERO FRANCISCO SILVERA CHIMA	COLOMBIA

473	O PROGRAMA DE RECICLAGEM DE RESÍDUOS SÓLIDOS EM REDE DE ECOPONTOS NA CIDADE DE FORTALEZA: CAMINHOS PARA UMA ECONOMIA CIRCULAR	ADEILDO CABRAL DA SILVA GUIMARÃES CAPELO SOUSA MAXIMIANO FILHO	LIGYA FELIPE DE JOÃO JOSÉ HILUY	BRASIL
474	GERENCIAMENTO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS DE SERVIÇO DE SAÚDE EM UNIDADES BÁSICAS EM PEQUENO MUNICÍPIO - BR	DANIELA CRISTINA HAAS ITAMAR ANTÔNIO CLARICE GONÇALVES GUSSI	LIMBERGER DANZMANN	BRASIL
476	ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA COBERTURA DEL SERVICIO PÚBLICO DE ASEO EN EL SECTOR URBANO Y RURAL EN LA REGION CARIBE Y REGION PACIFICA DE COLOMBIA	JAVIER MAURICIO GONZALEZ DIAZ		COLOMBIA
477	GESTIÓN DE LOS RESIDUOS BIOLÓGICOS PELIGROSOS GENERADOS EN UNA UNIVERSIDAD DEL NORESTE DE MÉXICO.	ALDO ISAAC RAMIREZ CASTILLO REGALADO EDUARDO CARMEN RAMÍREZ LARA LÓPEZ CHUKEN ULRICO CÁRDENAS MA. ELENA	SOTO CARRILLO IBARRA EVANGELINA CANTÚ	MEXICO
478	MANEJO DE ESCOMBROS PROVOCADOS POR EL TERREMOTO DE PEDERNALES-ECUADOR DEL 16 DE ABRIL 2016	GIOVANNI JAVIER GAVILANEZ ALBÁN SORIA GALO FERNANDO	MUÑOZ	ECUADOR
480	O ENCERRAMENTO DO LIXÃO NA CIDADE ESTRUTURAL E UMA NOVA PÁGINA NA POLÍTICA DE RESÍDUOS SÓLIDOS NO DISTRITO FEDERAL.	ITAMAR ANTÔNIO DE OLIVEIRA JUNIOR		BRASIL
481	PROJETO DE EDUCAÇÃO AMBIENTAL NA BACIA HIDROGRÁFICA DA BARRAGEM MÃE D'ÁGUA PROMOVE A FEIRA DO DIADESOL	PAULO ROBINSON DA SILVA DARCI BARNECH TERESINHA GUERRA	SAMUEL CAMPANI	BRASIL
496	PROPUESTA DE UNA METODOLOGÍA PARA LA CARACTERIZACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS EN UNIVERSIDADES, AREQUIPA, 2019.	ANATOLIA HORTENCIA HINOJOSA PÉREZ		PERU
502	OBTENCIÓN DE UN BIOCOMBUSTIBLE A PARTIR DE RESIDUOS SÓLIDOS	CINTYA VALERIO CÁRDENAS		MEXICO
524	ESTRATEGIAS DE RECUPERACIÓN DE RESIDUOS CON UNA VISIÓN DE RECICLAJE INCLUSIVO	DIANA CRISTINA PAREDES POZO		ECUADOR
592	INVENTARIO NACIONAL DE ÁREAS DEGRADADAS POR RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES, ELABORADO POR EL ORGANISMO DE EVALUACIÓN Y FISCALIZACIÓN AMBIENTAL (OEFA) - PERÚ	DANIEL ENRIQUE RADO ARENAS		PERU
593	ESTUDO DA PRODUÇÃO E DO USO DO BIOGÁS GERADO NO ATERRO SANITÁRIO DE PALMAS-TO	JOAO EVANGELISTA MARQUES SOARES		BRASIL
593	ESTUDO DA PRODUÇÃO E DO USO DO BIOGÁS GERADO NO ATERRO SANITÁRIO DE PALMAS-TO	JOAO EVANGELISTA MARQUES SOARES		BRASIL

El manejo de residuos en situaciones de desastre natural: Capacidad de respuesta para evitar epidemias en Perú

ALBERTO HUIMAN CRUZ, Peru Waste Innovation S.A.C., alberto@pwi.com.pe, construyendodesarrollo@gmail.com

Palabras Clave

Desastre, emergencia, epidemia, residuos.

Abstract

Latin America is a region prone to suffer various natural disasters, which generate destruction of infrastructure, interruption of basic services, and the possibility of developing epidemics.

It is proven that, depending on the intensity of the disaster, the urban cleaning service is also interrupted, so the question is: How should the solid waste generated after the disaster process be managed and how can the service be restored to prevent epidemics?

In Peru, aware of the effects of natural disasters on the solid waste management system, public and private institutions are incorporating this component into their procedures, considering that natural disaster records show that the number of people affected is increased by epidemics generated by: local environmental conditions, the slow process of collecting debris or similar from the affected areas, and the lack of knowledge of local authorities to deal with the situation generated.

The specific attention of a disaster can be an opportunity to improve the solid waste management system, in relation to the situation prior to the event, both in terms of service coverage and equity. For this, the attention lies in: Organization and logistics, installation of technical - operational capacity, and protocols of supervision and monitoring of the system.

Finally, a proposal of field files is made for monitoring and permanent coordination with the health area, in order to determine the cost of attending the emergency and the way to obtain resources.

Introducción

Latinoamérica es una región proclive a sufrir diversos desastres naturales tales como: lluvias extremas, sismos, avalanchas y huaycos, terremotos, huracanes, tormentas, inundaciones, sequías, incendios forestales, erupciones volcánicas, entre otros; ello ocasiona residuos procedentes de actividades de demolición y limpieza, asimismo la eminente interrupción de los servicios de recolección, transporte, valorización y disposición final segura de residuos sólidos, a ello se suma la gestión de residuos en albergues, refugios temporales y campamentos para los afectados, entre otros importantes tópicos.

El restablecimiento del servicio de aseo urbano o limpieza pública –expresión utilizada en Perú–, después de un desastre natural constituye un reto mayor si se toma en cuenta no solo las posibles consecuencias del desastre, sino también el hecho de que la mayor parte de los países de Latinoamérica presentan: (1) servicio deficitario, (2) cobertura parcial, (3) obsolescencia de equipamiento, y (4) déficit de personal.

En situaciones de emergencia por desastre natural, el manejo de los residuos sólidos debe ser un factor prioritario para preservar la salud de las poblaciones afectadas, junto con el abastecimiento de agua segura, la adecuada disposición de excretas y la higiene alimentaria. Registros epidemiológicos del Centro Panamericano de Ingeniería sanitaria y Ciencias del Ambiente (2003), después de ocurrido un desastre natural, indican que además de las lesiones por trauma, a veces existe un incremento significativo de infecciones respiratorias y diarreicas, muchas de ellas ocasionadas por los puntos de acumulación de residuos putrescibles, que se convierten en focos de agentes transmisores de enfermedades y del desarrollo de vectores patógenos. Por otro lado, la acumulación de lodos, escombros y restos de demolición se convierte en causa principal de las afecciones respiratorias y de la piel, al igual que la presencia de grandes cantidades de cenizas. Finalmente, el manejo inadecuado de residuos potencialmente peligrosos como los residuos infecciosos generados en establecimientos de salud y los químicos tóxicos constituye un factor de riesgo para la salud humana si no se realiza un adecuado almacenamiento, tratamiento y disposición final.

En Perú durante los meses de enero hasta abril 2017 se produjeron lluvias extremas atribuibles a un evento denominado «Niño Costero», el Comité Multisectorial Encargado del Estudio Nacional del Fenómeno el Niño (ENFEN) previó la «Alerta de El Niño Costero», pero se tomaron pocas acciones.

Se incrementaron el número de casos por dengue en los departamentos de Ica, Libertad, Lambayeque y Piura, y riesgo de ampliación a nuevas áreas vulnerables por las condiciones climáticas y de salud ambiental. Los casos de leptospirosis se incrementaron en la costa norte del país especialmente en Tumbes, Lambayeque, Piura e Ica; por otro lado, los albergues instalados especialmente presentaban limitadas condiciones sanitarias, por lo cual se tuvo que reforzar las acciones de vigilancia en salud. Asimismo, considerando que había personas que no están albergadas y continuaban en sus viviendas, calles y otras zonas, se requería una especial vigilancia para evitar problemas de salud.

A nivel nacional, se reportaron: 101 víctimas mortales, 141 860 damnificados, 939 713 afectados y 353 heridos. En cuanto a infraestructura, colapsaron 17 765 viviendas, 16 093 quedaron inhabitables y 205 640 fueron afectadas.

En base a estas dificultades encontramos necesario investigar el manejo de residuos en situaciones de desastre natural, que facilite encontrar alternativas que detengan su perpetuación y que se aminore el impacto de los desastres naturales en la salud de la población. En este sentido el proceso de esta investigación abarca la problemática de la interrupción del servicio de limpieza pública y las medidas que pueden adoptarse para su restablecimiento gradual a fin de evitar epidemias en situaciones de desastre natural. Asimismo, plantea algunas recomendaciones que deben tomarse en cuenta para prevenir, responder y actuar.

Objetivos

Evaluar los principios que deben aplicarse para el manejo de residuos en situaciones de desastre natural, generando capacidad de respuesta para evitar epidemias.

Metodología

La investigación se basa en hechos acontecidos en Perú durante el «Niño Costero» 2017, teniendo al investigador como propulsor de diversas medidas citadas en el documento.

Ámbito de estudio: Zona norte del país, departamentos de Tumbes, Lambayeque, Piura.

Involucrados:

Los *stakeholders* más importantes son:

1. Municipalidad Local.
2. Municipalidad Provincial.
3. Ministerio del Ambiente: Por ser el ente rector a nivel nacional para la gestión y manejo de los residuos.
4. Ministerio de Salud: Por normar el manejo de los residuos sólidos de establecimientos de salud y servicios médicos de apoyo; controlar los riesgos sanitarios generados por el manejo inadecuado de los residuos sólidos de establecimientos de salud y servicios médicos de apoyo; y determinar la aplicación de las medidas de seguridad, dirigidas a evitar riesgos y daños a la salud de la población derivados del inadecuado manejo de los residuos.
5. Fuerzas Armadas.
6. Dirección Regional de Salud.
7. Defensa Civil.
8. Cruz Roja.
9. Empresas con programas de Responsabilidad Social.
10. Universidades locales y estudiantes voluntarios.

Fases:

1. Identificación del público objetivo: Comprende a los damnificados trasladados a albergues, refugios temporales y campamentos y al Gobierno Local, responsable de brindar el servicio de limpieza pública.
2. Identificación de componentes: No existió servicio de recolección, transporte, valorización y disposición final, además existían miles de personas distribuidas en albergues, refugios temporales y campamentos que dependían de la ayuda gubernamental al haber perdido la totalidad de sus bienes materiales.
3. Diseño del esquema para brindar el servicio en albergues, refugios temporales y campamentos.
4. Diseño del esquema para restablecer el servicio de limpieza pública.

Resultados y discusión

En Perú durante el «Niño Costero», se tomaron algunas medidas para atender la situación de los afectados, el Gobierno Central implementó una estrategia multisectorial para el apoyo a los Gobiernos Regionales y a los Gobiernos Locales con la dotación de 171 albergues y 8 357 refugios temporales y/o campamentos para los afectados por las emergencias producidas por la ocurrencia de lluvias extremas.

El Centro de Control de Enfermedades del Ministerio de Salud (MINSA) reportó casos de: malaria, zika, brotes de dengue, brotes de chikungunya, brotes de leptospirosis, Enfermedad Diarreica Aguda (EDA), y Enfermedades Respiratorias Agudas (IRA).

El servicio de aprovisionamiento de agua para consumo humano en las zonas afectadas era a través de camiones cisterna con discontinuidad del servicio, en algunos lugares se distribuía de manera informal, tomando el agua de pozos. Por otro lado, se interrumpió cualquier servicio de limpieza pública y no se consideró dicho servicio en los albergues, refugios temporales y/o campamentos para los afectados.

El Gobierno Central declara el Estado de Emergencia por desastre como consecuencia de la ocurrencia de las lluvias extremas asociadas en diversos distritos, provincias y departamentos del país, ocasionando daños y pérdidas de vidas humanas y en la salud, fuentes de sustento, hábitat físico, infraestructura, actividad económica y ambiente.

Durante la fase de identificación de componentes, como parte de la investigación, se pudieron determinar riesgos que si no eran atendidos, agravarían más la situación.

Los riesgos eran: (1) Ampliación de los brotes de dengue, Chikungunya y leptospirosis a otras zonas afectadas debido a las condiciones climáticas y al inadecuado manejo de residuos sólidos (2) Reemergencia de la malaria, y la probabilidad aunque menor de peste y cólera considerando los antecedentes epidemiológicos del Fenómeno del Niño de 1998 y los brotes de peste (3) Limitaciones en la atención de salud especialmente en los establecimientos que han sufrido la pérdida de equipos, medicamentos y otros bienes debido a las inundaciones (4) Limitado acceso a agua segura de la población en las comunidades y establecimientos de salud en las zonas afectadas por el desastre natural (5) Deficientes condiciones sanitarias en los mercados, lugares de acopio de alimentos y lugares de manipulación y preparación de comida (6) El deterioro de las condiciones de vida originado por la pérdida de la vivienda y de los medios de vida origina efectos en la salud mental. (7) Limitaciones en la prestación de salud, debido al agotamiento del personal de la salud, muchos de los cuales probablemente también sean damnificados.

Ante ello se generó una Ficha de Diagnóstico situacional, y se encaminaron acciones en el marco de un esquema de trabajo, estas fueron: (1) Fumigación casa por casa para eliminar el zancudo *Aedes Aegypti*, transmisor del dengue. Cada intervención de fumigación en una determinada zona movilizaba entre 10 o 15 personas entre fumigadores, anotadores y el jefe de grupo, quienes se reparten la cobertura de las casas de esa localidad. Las jornadas de fumigación se realizan en tres sesiones con intervalos de tres o cinco días y se llevan a cabo en las zonas que han presentado brotes del dengue. (2) Coordinación para el establecimiento de hospitales de campaña próximo a los damnificados, y (3) Instauración de un sistema de segregación en la fuente de residuos sólidos, con el retiro cada dos días de residuos de tipo orgánico a través de triciclos adaptados, en coordinación con las Fuerzas Armadas.

Desde el Gobierno Central se planteó una Estrategia Multisectorial que tuvo por objeto fortalecer la capacidad de respuesta de los actores involucrados, asegurando la dotación del apoyo adecuado que necesita la población damnificada, asegurándoles condiciones de vida mínima (tales como: alojamiento, alimentación, salud, protección, seguridad, higiene, entre otros) como condición previa e indispensable para que puedan, posteriormente, retomar sus actividades habituales.

Sin embargo, en dicho proceso se evidenció que al interrumpirse el servicio de limpieza pública se agravaba el problema de los ciudadanos, pero merecían especial atención los damnificados trasladados a albergues, refugios temporales y campamentos, donde no se consideró ningún servicio de recolección de residuos. Los funcionarios de las municipalidades manifestaban que no están realizando el recojo ni la remoción de los residuos sólidos por falta de combustible y de maquinaria, además evidenciaban que incrementaban las moscas y los roedores procedentes de los restos de alimentos entregados a los damnificados. En los albergues, refugios temporales y campamentos se encontró gran cantidad de residuos sólidos almacenados en bolsas negras, los cuales pasaron días expuestos en proceso de putrefacción.

Principios que se aplicaron:

Considerando la Declaratoria de la Emergencia Ambiental en Caso de Desastres (MINAM, 2016), se aplicaron algunos principios que sirvieron para extrapolar los resultados positivos a otros lugares con características similares, donde no se manejaban los residuos sólidos:

1. Organización y logística:

Para determinar la cantidad y el tipo de maquinaria necesaria para el recojo de los residuos sólidos se consideró el volumen de residuos sólidos que se generan a la semana en los albergues a través del representante del municipio asignado.

Tomando en cuenta la generación de residuos sólidos por semana, se estimó –en líneas generales– que la recolección debería darse con una frecuencia de dos días a la semana (se recomendó martes y sábados), durante todo el tiempo que dure la emergencia (aproximadamente 90 días).

Luego se determinó el tipo y cantidad de maquinaria que se requiere para el recojo y remoción de los residuos sólidos por día, estas fueron: retroexcavadora (para la remoción) y volquetes, y se convocó a las Fuerzas Armadas y al Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento para la dotación de maquinaria, y al Ministerio de Salud para fumigar las zonas de confinamiento de residuos y matar las larvas de moscas e interrumpir el ciclo biológico, por otro lado también se buscó matar las ratas y las pulgas de las mismas.

Para los residuos procedentes de curaciones o heridas a los damnificados, considerados según la legislación peruana como Clase A de tipo biocontaminados, se estableció que sean depositados en contenedores de color rojo y se solicitó apoyo al Ministerio de Salud para que sean trasladados al relleno de seguridad más cercano.

2. Instalación de capacidad técnica – operativa:

Consistió en diseñar el sistema de recolección, tratamiento y disposición final de residuos a partir de las potencialidades y limitaciones locales.

Se utilizaron triciclos para la recolección, y se cavaron zanjas sanitarias de 1.5 m * 2 m para depositar los residuos inservibles, cubriéndose diariamente con el material inerte procedente de la demolición de viviendas, tomado como base el modelo planteado por Huiman (2016). Otro porcentaje de residuos procedentes de actividades de demolición fueron trasladados para la nivelación de terrenos y como agregado para los muros de contención de la ribera de los ríos.

Durante el proceso se evidenció que algunas personas -no damnificadas-, reciclaban los residuos desechados por el personal de salud al haber permanecido por días inundados, para venderlos de manera informal; hubo resistencia de las personas y por ello se solicitó apoyo a las Fuerzas Armadas para interrumpir dicha actividad. Tal como cita el Banco Central de Reserva del Perú. (2008), «...Aún en las peores circunstancias las actividades informales se hacen presentes, sin importar las condiciones de riesgo para el comprador como para el vendedor».

3. Sistema de supervisión y monitoreo del sistema:

Con apoyo de las instituciones competentes se estableció un sistema de supervisión y monitoreo, asignando la responsabilidad a un representante del municipio para construir un reporte de datos.

4. Actividades colaborativas e informativas:

- Campaña de Limpieza: Para realizar el recojo de residuos sólidos que se encontraban en los alrededores de los albergues, y mientras se conseguía la maquinaria, entre los refugiados y voluntarios universitarios, se realizaron campañas de limpieza, en la cual también participó el Ministerio del Ambiente y la dotación de materiales de protección para los voluntarios.
- Talleres de Sensibilización con:
 - Explicación de la importancia de separar los residuos orgánicos y depositarlos en un contenedor tapado.
 - Explicación de los riesgos potenciales de contraer enfermedades por la exposición a residuos.
 - Explicación de sistemas de descontaminación de la zona, a través de la adecuada disposición de excretas.
 - Desarrollo de técnicas de limpieza para optimización de tiempo y recursos en los albergues, refugios temporales y campamentos.
 - Explicación de la importancia del trabajo colaborativo y en equipo para las actividades de reconstrucción, y limpieza de las zonas afectadas, así como la higiene diaria.
 - Explicación de la operatividad de las zanjas sanitarias.
 - Organización de grupos de personas para auto brindarse el servicio de recolección, transporte y disposición final de residuos.

- Riesgos de exposición por el manejo inadecuado de residuos sólidos.

Conclusiones

1. A partir de los resultados empíricos obtenidos se propone constituir un Equipo Técnico de Trabajo, para que a través de un proceso metodológico se elabore un marco normativo específico para abordar el manejo de residuos sólidos en situaciones de emergencia y el colapso del servicio de limpieza pública.
2. Se requiere crear una Memoria referida a hechos acontecidos con el Fenómeno del Niño 2017 por distrito, dicho documento debe detallar: número de afectados, tipos de epidemias y afectados por las mismas, recursos económicos asignados y ejecución de los mismos, proceso de supervisión y monitoreo, lecciones aprendidas y documentación que acredite que las nuevas autoridades fueron notificadas sobre lo acontecido.
3. Se requiere contar con un Fondo de Emergencia Nacional, no reembolsable, por la dificultad que conlleva al Municipio restaurar el sistema (equipo, infraestructura, contrataciones de personal, entre otros), que permita acelerar el restablecimiento del servicio de limpieza pública y atender la situación durante la emergencia. El Programa Presupuestal 0036: Gestión Integral de Residuos Sólidos, podría contemplar la reserva y asignación de recursos para situaciones extremas que amerite rediseñar la prestación del servicio a fin de evitar riesgos a la salud de las personas.
4. Debido a los progresos obtenidos en los lugares donde actuaron equipos multidisciplinarios, se demostró la importancia de segregar los residuos sólidos en la fuente de generación, a fin de disminuir el riesgo que podrían generar los residuos orgánicos.
5. Es recomendable iniciar un proceso paulatino de cambio conductual de las personas y en su proceso de aprendizaje utilizar siempre las herramientas de «Aprender haciendo» dejando de lado cualquier tipo de paternalismo y redireccionando las situaciones adversas a la eficiencia y solidaridad.
6. Se evidenció, tal como cita Zevallos (2008), la anomia suele estar presente en situaciones complejas, sin embargo los valores humanos de solidaridad e integración resultan fundamentales, sobre todo, porque existen prioridades y se busca –entre otros elementos– que el desequilibrio emocional de los damnificados no incremente la situación de vulnerabilidad que padecen.
7. Se recomienda, a partir de los hechos acontecidos, que el Gobierno Central elabore una Ficha de Análisis de Riesgos, ésta debe contemplar variables de peligro y vulnerabilidad. La ficha debe contener una línea base para evaluar los efectos concatenados que podrían generarse y evitar consecuencias nefastas.

Referencias Bibliográficas

Libros vinculados al tema de investigación:

- Banco Central de Reserva del Perú. (2008). **Estudios Económicos N° 15: Causas y consecuencias de la informalidad en el Perú por Norman Loayza**. (Primera Edición). Lima: BCRP.
- Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria (CEPIS/OPS) - Área de Preparativos para Situaciones de Emergencia y Socorro en Casos de Desastre de la Organización Panamericana de la Salud (2003). **Gestión de residuos sólidos en situaciones de desastre**. Washington, D.C.: OPS.
- Ministerio de Economía y Finanzas. (2015). **Programa Presupuestal 0036: Gestión Integral de Residuos Sólidos**. Lima: NevaStudio.
- Ministerio del Ambiente. (2012). **Glosario de Términos para la gestión ambiental peruana, Dirección General de Políticas, Normas e Instrumentos de Gestión Ambiental**. Lima: MINAM.
- Ministerio del Ambiente. (2016). **Declaratoria de la Emergencia Ambiental en Caso de Desastres - Sistema Nacional de Gestión de Desastres - SINAGERD**. Lima: MINAM.
- Zevallos, Rodrigo (30 de octubre de 2003). **Anomia en el Perú** [Mensaje en un blog]. Recuperado de <http://misociologia.blogspot.pe/2004/05/30-de-octubre-del-2003-rodrico.html>

Revistas Científicas:

- Waste Management. **Solid waste management challenges for cities in developing countries** por Liliana Abarca

Guerrero, Ger Maas, William Hogland. New York, ELSEVIER, 2012, 13 p.

Investigaciones Científicas:

Huiman Cruz, Alberto. (2016). **Implementación de novo tecnologías en rellenos sanitarios para la gestión eficaz de los subproductos en la disposición final de los residuos sólidos en el Perú.** *World Resources Forum*, 109 pp.

Dispositivos Legales y Normativos:

Código Penal. Diario Oficial El Peruano, Lima, Perú, 08 de abril de 1991.

Constitución Política del Perú. Diario Oficial El Peruano, Lima, Perú, 29 de diciembre de 1993.

Decreto Legislativo N° 1278. Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos. Diario Oficial El Peruano, Lima, Perú, 23 de diciembre de 2016.

Decreto Supremo N° 014-2017, Reglamento de la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos. Diario Oficial El Peruano, Lima, Perú, 21 de diciembre de 2017.

Ley N° 27972, Ley Orgánica de Municipalidades. Diario Oficial El Peruano, Lima, Perú, 27 de mayo de 2003.

Ley N° 28611, Ley General del Ambiente. Diario Oficial El Peruano, Lima, Perú, 13 de octubre de 2005.

Ley N° 29341, Ley de la Mancomunidad Municipal. Diario Oficial El Peruano, Lima, Perú, 04 de abril de 2009.

NTS N° 144-2018-MINSA: Gestión integral y manejo de residuos sólidos en establecimientos de salud, servicios médicos de apoyo, y centros de investigación.

XVIII Reunión Anual: Gestión de Residuos Sólidos Municipales. Ministerio del Ambiente. Lima. 2018.

Solidificación/Estabilización como alternativa de tratamiento y reuso de relaves

GEORGINA FERNÁNDEZ VILLAGÓMEZ,

Posgrado Facultad de Ingeniería Universidad Nacional Autónoma de México,

gfv19@hotmail.com

SÁNCHEZ PÉREZ FRANCISCO,

Posgrado Facultad de Ingeniería Universidad Nacional Autónoma de México,

pakosan24@gmail.com

PEDRO GUADARRAMA GUZMAN,

Posgrado Facultad de Ingeniería Universidad Nacional Autónoma de México,

pedrop1406@hotmail.com

MARÍA TERESA ALARCÓN HERRERA,

Posgrado Facultad de Ingeniería Universidad Nacional Autónoma de México,

teresa.alarcon@cimav.edu.mx

JOSÉ LUIS MARTÍNEZ PALACIOS,

Posgrado Facultad de Ingeniería Universidad Nacional Autónoma de México,

ilm@pumas.iingen.unam.mx

Palabras clave: relaves, solidificación, estabilización, ladrillos.

Abstract

Mining in Mexico has been practiced since the pre-Hispanic era, this being an important engine in the development of the economy of this country. In the refining processes of minerals, millions of tons of waste known as tailings are produced, which are deposited in the open and the refining process can be a health hazard and the system for the Potentially Toxic Elements (EPT). The solidification / stabilization techniques have proved to be an effective method for the treatment of this type of waste, in particular through the mixing of tailings, Portland cement and other additives that make possible the reuse and encapsulation of the EPT. The objective of this work was the reuse mining tailings, glass and volcanic sand in the construction of bricks, using the latter as substitutes for Portland cement. In the same way it is expected that the bricks are made with the parameters of the dimensions and the resistance to compression in Mexican standards.

Introducción

La minería es una de las actividades económicas de mayor tradición en México, practicada desde la época prehispánica y fuente de la expansión regional desde la colonia. (INECC, 2007). Debido al desarrollo y modernización en los procesos de extracción y procesamiento de los recursos minerales, se generan grandes cantidades de residuos conocidos como jales (México) o relaves (Latinoamérica) (Volke & Velasco, 2002)

Los EPT como; As, Cd, Pb, Cu, Zn, Fe, etc. (Romero, et. al., 2007) que pueden estar presentes en presas de jales mineros, representan un riesgo ambiental por la posibilidad de lixiviación e incorporación a cuerpos de agua, así como la movilización a otros ecosistemas por dispersión eólica o hídrica. (Medel et al., 2008).

Las técnicas de solidificación/estabilización (S/E) se aplicaron inicialmente al tratamiento de los residuos radiactivos y posteriormente fueron aplicadas a los residuos peligrosos, así como a suelos y sedimentos contaminados, están diseñadas para la obtención, mediante la mezcla del residuo o residuos a tratar con aglomerantes y aditivos adecuados, de un producto final, que tras un tiempo de fraguado y curado, se convierta en un residuo (Moreno, 2017).

Objetivo

Investigar el potencial de reaprovechamiento de residuos mineros mediante la técnica de Solidificación/Estabilización (S/E) a nivel laboratorio.

Metodología

Inicialmente se muestreó la presa de jales "Boleo Estrella" de la mina Cerro de Mercado, Durango, México, obteniéndose 27 muestras. La caracterización de las muestras se realizó utilizando fluorescencia de rayos X mediante el método US-EPA 6200.

Posteriormente se realizaron nueve tratamientos con seis repeticiones cada uno, mediante la mezcla de relaves, cemento, vidrio molido y arena volcánica en distintas proporciones de acuerdo con lo reportado con Hass y Lachemi (2004), Meyer (2006), Romero y Flores (2010) González (2012), Barraza (2015) y González (2016). Todo ello basado en el modelo de efectos completamente al azar descrito en la siguiente ecuación:

$$y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_i \quad (1)$$

En donde:

μ = media general común a todas las unidades experimentales

τ_i = Efecto del i-ésimo tratamiento

ε_{ij} = Error experimental

En la tabla 1 se muestran las proporciones de cada tratamiento.

Tabla 1. Proporciones utilizadas en las mezclas para cada tratamiento

Trat.	Relave	Cemento	Vidrio	Arena volcánica
1	60%	40%	-	-
2	70%	30%	-	-
3	80%	20%	-	-
4	60%	20%	20%	-
5	70%	15%	15%	-
6	80%	10%	10%	-
7	60%	20%	-	20%
8	70%	15%	-	15%
9	80%	10%	-	10%



El vidrio que se usó fue de borosilicatos, molido en un molino de bolas hasta alcanzar una granulometría de 0.15 mm (malla # 100). La arena volcánica se tomó en las zonas aledañas del volcán Popocatepetl, la cual se puso a secar previamente.

Los diversos tratamientos se realizaron en seco, después se hidrataron y se integraron nuevamente los componentes, la mezcla resultante se colocó en un aparato para dar forma de ladrillo mediante extrusión. En la fotografía 1 se observa el dispositivo para elaborar los ladrillos y en la fotografía 2 se muestran los ladrillos.

realizada a un ladrillo.



Los ladrillos se dejaron secar durante dos días, con el fin de que se pudieran manipular fácilmente y transportar a un contenedor para el proceso de curado mediante inmersión en agua. La fotografía 3 ilustra el curado de los ladrillos.

El curado duró 28 días, transcurrido el lapso de tiempo antes mencionado, los ladrillos se sacaron del contenedor y se colocaron una semana más para que se secaran, posteriormente se prepararon para garantizar que las caras de los ladrillos fuesen homogéneas (cabeceo), de acuerdo al punto 8.1 de la norma NMX-C-036-ONNCCE-2004



(fotografía 4).

La prueba de compresión mecánica se llevó a cabo en el laboratorio de la División de Ingeniería Mecánica y Eléctrica de la Facultad de Ingeniería de la UNAM, de acuerdo a lo establecido en la NMX-C-036-ONNCCE-2005. En la fotografía 5 se ilustra la prueba de compresión



Así mismo, a los 27 ladrillos se les realizó la prueba de intemperismo acelerado en la Unidad de Investigación y

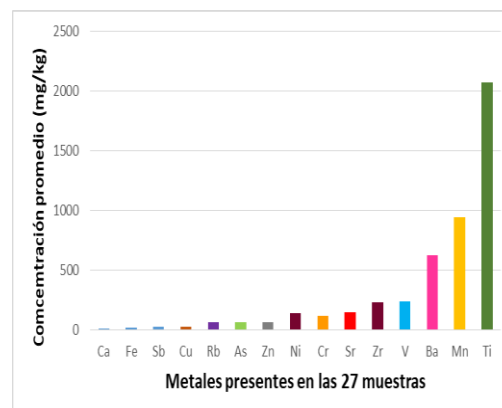


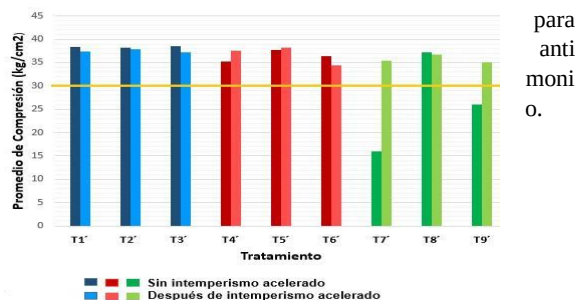
Asistencia Técnica en Materiales (UDIATEM) en el Laboratorio de Corrosión del Departamento de Mecánica de la Facultad de Ingeniería, para ello se utilizó una cámara en la cual se simulaban humedad y temperatura similares a las de la ciudad de Durango con un ciclo de 12 minutos equivalentes a un día, los ciclos se repitieron hasta completar 1 año de envejecimiento de acuerdo a la ASTM C67 (figura 6).

Una vez terminada la prueba de intemperismo acelerado los ladrillos se llevaron al equipo de compresión mecánica para evaluar el afectó del tratamiento envejecimiento.

Resultados

El análisis de fluorescencia de rayos X mostró la presencia de los siguientes metales; Zr, Sr, Rb, As, Zn, Cu, Mn, Ti, Fe, Ni, Cr, V, Ba, Sb y Ca en las muestras de relaves, ver figura 1. El cromo y antimonio resultaron estar por encima del límite máximo permisible que establece la NOM-157-SEMARNAT-2009; 100 mg/kg para cromo y 10 mg/kg





para
anti
moni
o.

Los resultados de la prueba de compresión realizada a los ladrillos antes y después de la prueba de intemperismo acelerado se muestran en la figura 2.

Los ladrillos de los nueve tratamientos cumplen con la resistencia mínima promedio establecida en la NMX-C-441-ONNCE-2005 el cual es 30 kgf/cm². Los tratamientos 7 y 8 antes de la prueba de intemperismo no cumplen con la resistencia mínima establecida por la norma antes mencionada, debido a que en el caso del tratamiento 7 dos ladrillos no fueron cabeceados.

En los tratamientos en donde se usó vidrio molido (4, 5 y 6) y arena volcánica (7, 8 y 9), los valores promedio de resistencia a la compresión son similares a los tratamientos 1, 2 y 3 en donde sólo se usó cemento, lo cual indica que la adición de vidrio molido y arena volcánica tienen un efecto positivo sobre la resistencia a la compresión lo que concuerda por lo reportado por Meyer (2003), González (2012) y Poveda et. al. (2015).

Conclusiones

Después de realizar este estudio se puede concluir que se investigó el potencial de reaprovechamiento de residuos mineros mediante la técnica de Solidificación/Estabilización (S/E) a nivel laboratorio y estos ladrillos fabricados pueden utilizarse como materiales de construcción de muros, ya que cumplen con los valores de resistencia a la compresión establecidos en las normas mexicanas.

Referencias Bibliográficas

Barraza, T.L. (2015). *Evaluación de la contaminación del suelo por arsénico, plomo y mercurio en la zona de presa de jales de mina La Prieta en Hidalgo del Parral, Chihuahua*. México D.F.: Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional Autónoma de México.

González, A. M. (2012). Uso de Vidrio de Desecho En la Fabricación de Desechos de Arcilla. *Revista Iberoamericana de las Ciencias Biológicas y Agropecuarias*, 5-14.

González. (2016). *Propuesta para el aprovechamiento de residuos metalúrgicos no ferrosos*. México D.F.: Facultad de ingeniería. Universidad Nacional Autónoma de México.

INECC. (15 de noviembre de 2007). *Industria Minera*. Obtenido de http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones2/libros/16/parte3_12.html

Medel, R. A., Ramos, G. S., Avelar, G. F., Mora, T. L., & Rodríguez, V. F. (2008). Caracterización de Jales mineros y evaluación de su peligrosidad con base en su potencial de lixiviación. *Conciencia Tecnológica [en línea]*, 32-35 Disponible en: <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=94403504>> ISSN 1405-5597.

Meyer, C. (2003). *Glass Concrete Putting Sustainability to Work In A Decorative Way*. New York: Columbia University.

Moreno, Y. B. (2017). Módulo 4: Tecnologías para el tratamiento de los residuos. En *Gestión y Tratamiento de Residuos* (págs. 86-89). España: CIEMAT.

SEMARNAT. (2003). *NORMA Oficial Mexicana NOM-141-SEMARNAT-2003. Que establece los procedimientos para caracterizar los jales, así como las especificaciones y criterios para la caracterización y preparación del sitio, proyecto, construcción, y operación de presas de jales*. México: Diario Oficial de la Federación.

SEMARNAT. (2011). *Norma Oficial Mexicana NOM-157-SEMARNAT-2009, Que establece los elementos y procedimientos para instrumentar planes de manejo de residuos mineros*. México: Diario Oficial de la Federación.

Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y la Edificación, S. (2004). *Norma Mexicana NMX-C-036-ONNCE-2004 "Industria de la Construcción-Bloques, Tabiques o Ladrillos, Tabicones y Adoquines-Resistencia a la Compresión-Método de Prueba"*. México: Diario Oficial de la Federación.

Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y la Edificación, S. (2005). *Norma Mexicana NMX-C-037-2005 Industria de la Construcción-Bloques, Ladrillos y Tabiques y Tabicones-Determinación de la Absorción de Agua y Absorción Inicial de Agua*. México: Diario Oficial de la Federación.

Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y la Edificación, S. (2014). Norma Mexicana NMX-C-038-ONNCE-2013 Industria de la Construcción-Mampostería- Determinación de las dimensiones de Bloques, Tabiques o Ladrillos y Tabicones-Método de Ensayo. México: Diario Oficial de la Generación.

Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y la Edificación, S. (2005). Norma Mexicana NMX-C-441-ONNCE-2005" Industria de la Construcción-Bloques, Tabiques o Ladrillos y Tabicones Para Uso No Estructural-Especificaciones". México: Diario Oficial de la Federación.

Poveda, R., Granja, V., Hidalgo, D., & Ávila, C. (Febrero de 2015). Análisis de la influencia del vidrio molido sobre la resistencia al desgaste en adoquines de hormigón tipo A. Revista Politécnica, 35(3), 1-10.

Quintero, O. L., Herrera, J., Corzo, L., & García, J. (2011). Relación entre la resistencia a la compresión y la porosidad del concreto evaluada a partir de parámetros ultrasónicos. Revista ION, 24(1), 69-76.

Romero, F., Armienta M., A., & González-Hernández. (2007). The solid-phase control on the mobility of potentially toxic elements in an abandoned lead/zinc mine tailings impoundment, Taxco, México. Appl. Geochem.

Volke, S., & Velásco, T. (2002). Tecnologías de remediación para Suelos Contaminados. México: INE-SEMARNAT.

Impacto en los derechos de las mujeres por la inadecuada gestión de residuos y necesidad de generación de políticas públicas

ALBERTO HUIMAN CRUZ, Peru Waste Innovation S.A.C., alberto@pwi.com.pe, construyendodesarrollo@gmail.com

Palabras Clave

Derechos, impacto, mujeres, residuos.

Abstract

It is necessary to analyze the situation and management of solid waste in Peru using the gender approach, to assess the impact on women's rights, and to mainstream gender in public policies by reviewing the implications it has on men and women. Women, in order to take actions to reduce inequality, exclusion and social, economic and political vulnerability.

The situation of the rights of women and girls in the integral management of solid waste was evaluated, including the processes of recycling and public cleaning in which there are some activities with a growing process of feminization. It should be noted that the information is still insufficient and that in general, in diagnoses about the integral management of solid waste, environmental and health-related approaches are usually privileged, leaving aside those related to the problems of those who operate these services and that should be observed in a more complete dimension that includes social, gender and labor.

The research is divided into three parts: one related to the participation of women in the integral management of solid waste, considering the fundamental elements to be able to identify gender gaps and the importance and characteristics of women's participation in the different moments of the solid waste management process, to then go on to identify the impact on the rights of women and girls, specifically considering the risks of safety and health at work. Finally, emblematic cases will be addressed.

Introducción

A nivel internacional y nacional se cuentan con documentos rectores que dirigen el horizonte a seguir, respecto a los derechos de las mujeres, sin embargo es necesario analizar la situación y la gestión de los residuos sólidos en el Perú utilizando el enfoque de género, para evaluar el impacto en los derechos de las mujeres, y transversalizar el enfoque de género en las políticas públicas revisando las implicancias que tiene en hombres y mujeres, a fin de tomar acciones para reducir la desigualdad, exclusión y vulnerabilidad social, económica y política y poder construir una sociedad sin discriminación entre hombres y mujeres.

Solo por situar un ejemplo, en la provincia de Lima, de 40 municipalidades (39 municipalidades distritales y la Municipalidad Metropolitana de Lima), dos municipalidades distritales eran dirigidas por mujeres que ocupaban la Gerencia de Gestión Ambiental de Ate Vitarte y la Sub Gerencia de Gestión Ambiental de Ancón. Según los datos con que se cuentan las mujeres representan el 42% de los puestos de obreros municipales, los puestos directivos no reflejan la misma participación.

La información consignada en el Sistema de Información de Gestión de Residuos Sólidos

(SIGERSOL, 2016), para los indicadores de trabajadores, encontramos que la participación de la mujer es la siguiente:

- En el servicio de recolección de residuos sólidos del total de trabajadores el 24.74% son mujeres
- En la disposición final (relleno sanitario, botadero) las mujeres trabajadoras representan el 15.82 %
- En la recolección selectiva, el 44.52% de trabajadoras son mujeres
- En la limpieza pública, el 67.38% de trabajadoras de barrido son mujeres, en 233 municipalidades el total de puestos de barrido son cubiertos por mujeres.

En tales circunstancias, se evaluó la situación de los derechos de las mujeres y las niñas en la gestión integral de residuos sólidos, comprendiendo los procesos de reciclaje como de limpieza pública en los cuales existen algunas actividades con un creciente proceso de feminización. Se debe resaltar que la información es aún insuficiente y que en general en los diagnósticos sobre la gestión integral de residuos sólidos se suele privilegiar los enfoques ambientales y sanitarios dejando de lado los relacionados con la problemática de quienes operan estos servicios y que deben observarse en una dimensión más completa que incluya la social, de género y laboral.

La investigación se divide en tres partes: (1) La participación de la mujer en la gestión integral de los residuos sólidos considerando los elementos fundamentales para poder identificar las brechas de género y la importancia y características de la participación de las mujeres en los diversos momentos del proceso de gestión de residuos sólidos; (2) Identificación del impacto en los derechos de mujeres y niñas considerando específicamente los riesgos de seguridad y la salud en el trabajo; y (3) Casos emblemáticos considerando principalmente la experiencia de la Municipalidad Provincial de Arequipa donde en el marco de elaboración del Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos (PIGARS) se logró formular un diagnóstico con enfoque de género que sirve para formular políticas e iniciativas específicas para superar las brechas de género y alcanzar un ejercicio pleno de los derechos de mujeres y niñas.

Objetivo

Evaluar la vulnerabilidad de los derechos de las mujeres por la inadecuada gestión de residuos y necesidad de generación de políticas públicas con enfoque de género.

Metodología

Se construyó información a partir de la sistematización de diversos documentos y entrevistas a especialistas:

Fase Preparatoria

- Investigación bibliográfica de temas de residuos sólidos.
- Investigación de convenios, normas, tratados y documentos internacionales y nacionales sobre residuos sólidos.
- Investigación de convenios, normas, tratados y documentos internacionales y nacionales sobre enfoque de género.
- Entrevistas informales y semi-estructuradas a informantes clave.

Fase de Recolección de información

- Calendarización de actividades.
- Reuniones de coordinación con especialistas de género.

Fase de consolidación, análisis e interpretación de información

- Clasificación y desagregación de datos.
- Procesamiento de información.
- Elaboración de informe de diagnóstico.

Resultados y discusión

Participación de la mujer en la gestión integral de los residuos sólidos

Como ocurre en todas las actividades, estos procesos inevitablemente están atravesados por la existencia de situaciones de pobreza, la división sexual del trabajo y por ende por brechas de género que debemos considerar a fin de mejorar las condiciones de los trabajadores y particularmente de las trabajadoras que se dedican a este rubro. Es importante considerar que hay una heterogeneidad de situaciones de las que se busca dar cuenta ya que en la gestión de residuos sólidos podemos encontrar modalidades de participación en condiciones de formalidad, como informalidad, en condiciones de sindicalización o en medio de políticas antisindicales debido al tipo de contratos y la tercerización, con participación colectiva y también individual/familiar donde existen procesos invisibilizados que se realizan en los mismos hogares donde participan principalmente mujeres, ancianas y niñas.

Es importante considerar que en la gestión de residuos sólidos las brechas de género pueden expresarse de diversas maneras, entre ellas:

- Entre recicladores y recicladoras, estas últimas acceden a menor cantidad de materiales reciclables debido a diversos factores, entre ellos, la necesidad de cumplir con tareas del hogar, lo que involucra menos horas de trabajo remunerado y con ello menos ingresos. En las zonas más acomodadas los sistemas de seguridad son más rígidos y es donde se puede obtener material de mayor valor, por lo que suelen ser jóvenes varones quienes normalmente se arriesgan a buscarlo, debiendo muchas veces confrontar con los agentes de seguridad.
- Como ocurre en otros rubros, la diferencia salarial y el trabajo doméstico no remunerado también evidencian las brechas de género, debido a que, como ocurre en todo el mercado laboral, las mujeres son las que menos salarios reciben y también las que realizan la mayor parte del trabajo del cuidado. Así, se invisibiliza el trabajo doméstico, vital para el mantenimiento de la familia que recae principalmente en las mujeres y que está relacionado con el cuidado de niños y niñas, de los ancianos, las labores del

hogar, entre otras que no se reconocen como trabajo.

- Se han instalado y se reproducen cotidianamente estereotipos que hacen que se naturalice una división sexual del trabajo en la gestión de residuos sólidos: en el caso del reciclaje son las mujeres quienes clasifican el material, mientras los hombres recogen en las calles o en las fuentes generadoras de residuos. En cuanto a la limpieza pública las mujeres principalmente cumplen tareas de barrido de calles, mientras que los varones se encargan de la carga o transporte de los residuos, implicando distintos niveles de remuneraciones.
- Las mujeres están más expuestas a distintos riesgos de salud e inseguridad, lo que se acrecienta con la informalidad o la no sindicalización. Las mujeres terminan siendo más vulnerables por diversos aspectos. Por ejemplo, podemos mencionar que su acceso a los servicios higiénicos no es fácil, están expuestas al acoso sexual, tienen muchas dificultades si son madres y no cuentan con un contrato laboral para obtener la licencia por maternidad o no cuentan con apoyo familiar para el cuidado del menor, pueden sufrir otras formas de violencia por falta de espacios públicos seguros.
- Escaso acceso a la toma de decisiones dado el bajo empoderamiento, la limitada participación sindical y el rol subordinado que asumen muchas mujeres que son partícipes de la gestión de residuos sólidos. Pocas mujeres dirigen o supervisan los procesos de gestión de residuos sólidos.

Respecto al reciclaje, cabe anotar que en este ciclo existe una invisibilización del trabajo de la mujer como parte de este proceso, si se consideran los modelos, ya que existe una indistinción entre recuperación y segregación de residuos. Es decir, en el proceso en que se produce una importante participación de las mujeres dentro de los propios hogares y que no es contabilizada dentro de la limitada estadística con la que se cuenta.

Finalmente, se deben considerar las condiciones para un trabajo digno o decente. Con ello podemos contrastar la situación de las trabajadoras que son parte del mercado de reciclaje así como de la recolección de residuos sólidos a través de los sistemas de limpieza. Un trabajo decente debe considerar: (i) empleo (ii) un puesto con acceso a la protección social (iii) derechos de los trabajadores y (iv) diálogo social.

Los últimos datos oficiales del XI Censo Nacional de Población y VI de Vivienda (2007) con los que se cuenta, ubican la participación de la mujer en el sector de recolección de residuos [citado en el documento del

INEI como basura] en 40%. La data para ese año correspondía a tres ocupaciones (recolectores de basura, clasificadores de material reciclable y barrenderos y afines.

Barrido de calles: Según los datos del SIGERSOL (2016) el 71.16% de trabajadoras son mujeres, en 233 municipalidades este puesto está cubierto en su integridad por ellas. Por ejemplo, en la Municipalidad Provincial del Callao la empresa prestadora del servicio de limpieza pública registra 954 trabajadoras, la Municipalidad Distrital de Sicuani 96 trabajadoras, Municipalidad Alto Selva Alegre con 44 trabajadoras, entre otras.

Si desagregamos esta información para la provincia de Lima, de las 41 municipalidades distritales que entregaron información, en 24 de ellas más del 70% es personal es femenino, y 07 de ellas tienen un porcentaje mayor a 60% hecho que respondería a la ya mencionada situación de feminización del trabajo.

Tabla 1. Mujeres trabajadoras en barrido de calles y espacios públicos en la provincia de Lima

Municipalidad	Nº de trabajadoras	% que representa
Santiago de Surco	339	90.88%
Miraflores	141	88.13%
La Molina	137	86.16%

De la misma manera, dependiendo del régimen laboral de la trabajadora, puede existir una brecha en beneficios laborales:

Tabla 2. Tipos de modalidad de contratación laboral a mujeres en la provincia de Lima

Modalidad de Contratación	% que representa	Características
Locación de servicios	32.95%	Es un servicio temporal sin beneficios sociales. Está pensado en la adquisición de bienes.

Contrato de Administración de Servicios (CAS)	27.25%	Tiene beneficios laborales, pero el contrato es temporal. No considera Compensación por Tiempo de Servicio (CTS).
Decreto Legislativo N° 728	35.10%	Accede a todos los beneficios sociales, el contrato tiene una duración de tres años.
Decreto Legislativo N° 276	4.70%	Accede a todos los beneficios sociales. Con periodicidad indefinida.

Respecto a las condiciones bajo las cuales cumplen sus funciones, encontramos desde el no poder refrigerar o consumir sus alimentos en ambientes aptos, debiéndolo hacerlo en la vía pública. Así también, el hecho de que al realizar su jornada en turnos rotativos el acceso a servicios higiénicos públicos no es de fácil acceso, no solo porque permanecen cerrados durante los turnos de noche, sino porque no todas las municipalidades en el Perú cuentan con baños de uso público en funcionamiento, de las 1851 municipalidades, 607 no tenían funcionando baños de uso público al 2017.

Segregación: La normativa dada en el marco de la gestión integral de residuos sólidos implica el trabajo con asociaciones de recicladores formalizadas, a fin de que sean ellos los que se encarguen de recoger los residuos inorgánicos que han sido segregados en la fuente. Al respecto, según data del SIGERSOL (2016) se tienen incorporadas a 338 asociaciones en el país (esto implica la presencia de 3175 recicladores), de estas 244 están inscritas en SUNARP. Respecto al número de asociaciones que están incorporadas en el programa de segregación en la fuente y recolección selectiva se tiene a 295 incorporadas a 174 municipalidades. El sistema no incluye hasta el reporte del 2016 el indicador de género para el registro de las asociaciones de recicladores, por lo que no podemos indicar cuántas mujeres participan de este proceso de formalización.

Almacenamiento: La mujer suelen recaer las actividades relacionadas a las labores del hogar, por lo que se le encargan las tareas relacionadas a la actividad de aseo de la vivienda.

La mujer destina para completar esta actividad 06 horas con 38 minutos, mientras que el hombre 03 horas con 29 minutos de acuerdo al INEI (2010). El acomodar, quemar, enterrar o botar la basura implica para la mujer 0.28 minutos de trabajo, más que en el caso de los hombres; en el medio rural se puede explicar por la frecuencia de recolección, o la falta de sistemas de segregación y disposición final de los residuos sólidos.

Recolección selectiva: Al caracterizar la participación de la mujer en la actividad encontró que en algunas provincias la participación de la mujer se daba de la siguiente manera:

Tabla 3. Participación de mujeres en la recolección selectiva por ámbitos territoriales

Ámbito	N° de trabajadoras	% que representa
Provincia de Lima	18.45%	39 821 recicladoras.
Provincia del Callao	26.27%	4,587 recicladoras.
Provincia de Trujillo	51.85%	4,133 recicladoras.
Provincia de Arequipa	60.71%	4,381 recicladoras.

En algunas provincias la participación de la mujer era mayor debido a factores como: Proyectos de formalización de recicladores que las municipalidades venían implementando, la población de recicladoras estaba compuesta por lazos familiares o la población de mujeres que trabaja en la actividad es perenne.

Al año 2012, el registro de la participación de la mujer en esta actividad alcanzó 42%.

Impactos en los derechos de la mujer y de las niñas

Un primer aspecto que se debe tener en cuenta es la falta de información y diagnóstico de las mujeres y niñas inmersas en las actividades del reciclaje informal, que nos permita conocer el perfil socio demográfico de esta población e identificar las vulneraciones y necesidades básicas insatisfechas que deben ser

resueltas a partir de por ejemplo, los programas sociales diseñados por el Estado.

Lo segundo, va por el hecho de que respecto a las mujeres inmersas en el reciclaje formal, si bien pertenecen a asociaciones reconocidas por las municipalidades, esta información no se ingresa de manera directa al SIGERSOL por lo que tampoco se cuenta con una cifra exacta de su participación y como por ejemplo el Plan de Incentivos municipales ha venido impactando en la formalización de las recicladoras.

Lo tercero, es que si bien existe la normativa de la Ley N° 29419, Ley que regula la actividad de los recicladores y su reglamento dado mediante el D.S. N° 005-2010-MINAM, para definir el perfil del reciclador, los actores institucionales inmersos en su organización y formalización, la capacitación a recibir y el derecho a salud universal, la normativa no contempla como actor institucional al ente rector en políticas de trabajo y promoción de la empleabilidad a nivel nacional.

En el caso de las mujeres inmersas en la actividad de barrido y limpieza pública, los impactos generados son:

- Están expuestas a altas o bajas temperaturas del ambiente al realizar sus funciones en la vía pública.
- Pueden ser víctimas de accidentes de tránsito mientras realizan sus labores. Por ejemplo, el 18 de junio del año 2017, a las 05:20 a.m., Alicia Lima Chire trabajadora de Innova Ambiental, fue atropellada por un automóvil que se dio a la fuga, mientras desarrollaba el barrido de las calles del Cercado de Lima. Alicia Lima había solicitado laborar en el horario de noche para poder pasar tiempo con sus hijos durante el día. Falleció el 24 de junio.
- Están expuestas a ser víctimas de ataques contra su integridad física. Las mujeres tienen mayor exposición sobre todo durante el turno de noche.
- No se cuenta con servicios higiénicos públicos que les permita hacer uso de ellos en el recorrido que realizan. Las actividades del reciclaje de recolección selectiva se realizan las primeras o últimas horas del día. Las trabajadoras de limpieza pública de Lima metropolitana deben destinar un presupuesto para hacer uso de este servicio en restaurantes o mercados.
- En el caso de que alguna de las trabajadoras de limpieza pública se encuentre en período de lactancia materna, el banco de leche que se instala se ubica en las instalaciones de la municipalidad o en la base de la empresa prestadora del servicio que las contrata, por lo cual no puede realizarse la extracción para el

almacenamiento inmediato.

- La inseguridad ciudadana también es un factor al que se ven expuestas. El 29 de agosto de 2017, en Lima, Rosa Mamani Apaza, trabajadora del servicio de limpieza pública falleció en medio de una balacera mientras realizaba el barrido de calles en Jirón de la Unión.
- Las trabajadoras de barrido refieren dolor en la muñeca, columna vertebral, dolor de cabeza, problemas estomacales; propios por la actividad que realizan.
- El 32.95% de mujeres labora por locación de servicios son remuneradas previa presentación de su recibo por honorario y no cuentan con ningún beneficio social o laboral. Este grupo de mujeres de ser el caso de convertirse en madres no podrá gozar del subsidio por maternidad o gozar de la licencia pre y post natal. Así mismo, no está cotizando para el pago de una futura pensión de jubilación.
- 27.25% de mujeres labora bajo el CAS cuentan con aguinaldo por Fiestas Patrias y Navidad, así como vacaciones remuneradas de 30 días naturales, seguro social, pago de pensiones (sistema público o privado)
- El 35.11% de mujeres labora inmersa en el Decreto Legislativo N° 728 y cuenta con los siguientes beneficios: gratificaciones por fiestas patrias y navidad (dos remuneraciones adicionales), escolaridad, compensación por tiempo de servicio (1 remuneración anual), vacaciones anuales (30 días), seguro social, pago de pensiones (sistema público o privado) y compensación por despido arbitrario.
- 4.70% se encuentra bajo el régimen del Decreto Legislativo N° 276 que regula los deberes y derechos de los servidores públicos. Cuenta con estabilidad laboral indeterminada, remuneración, aguinaldo en julio y diciembre (el monto es el señalado por el Estado).

Casos emblemáticos

En Arequipa, a diferencia de otras ciudades, se ha producido una visibilización de la feminización de la gestión de residuos sólidos, tanto en lo referido al reciclaje como en la limpieza pública, tanto a nivel formal, como a nivel informal. Estas características han hecho que en la formulación del PIGARS 2017-2028 se considere elaborar un diagnóstico de género y pobreza además del diagnóstico del servicio de limpieza y la formulación del plan integral, de manera que este último pueda incorporar orientaciones y lineamientos

que respondan a la realidad específica de las mujeres en el reciclaje y en la limpieza pública.

Frente a esta realidad, el Plan sugiere las siguientes recomendaciones en el caso del campo del reciclaje: (1) La importancia de recoger la información con enfoque de género, para dar cuenta de estas brechas y esta situación tan particular. (2) Avanzar en la formalización de los y las trabajadoras del reciclaje para mejorar las condiciones de trabajo. (3) Articular las diversas gerencias y oficinas dentro de la Municipalidad a fin de articular, junto a los sectores, acciones para mejorar la calidad de vida, el acceso a la educación y la salud de las mujeres particularmente. (5) Promover el emprendimiento combinando iniciativas público privadas, el acompañamiento de voluntariado universitario. (6) Trabajar en mejorar la bioseguridad a través de la inmunización, la vacunación, uso de equipos, centros de acopio con duchas y servicios higiénicos adecuados, atención médica, salud ocupacional, y lograr la afiliación a los sistemas de salud.

Conclusiones

Propuestas para proteger los derechos de la mujer en las operaciones del ciclo de manejo de residuos sólidos en los que participa

- Las trabajadoras acceden a su derecho de licencia por maternidad.
- Las trabajadoras para el cumplimiento de sus funciones y preservar su derecho a seguridad y salud en el trabajo, deben contar con implementos acordes a la norma básica de ergonomía, y el volumen máximo de los contenedores en los que transportan los residuos sólidos deben ser respetados.
- Propiciar la evaluación objetiva del desempeño de las trabajadoras, sobre la base de factores observables y no subjetivos o discriminatorios.
- Reconocer el derecho al libre tránsito de las mujeres que se dedican al reciclaje y se encuentran formalizadas por algún gobierno local.
- Establecer mecanismos para el aporte previsional de las recicladoras asociadas a fin de poder contar con una pensión de jubilación.

Propuestas para incorporar el enfoque de género en el Programa de Incentivos a la Mejora de la Gestión Municipal

- Realizar un diagnóstico por parte de los gobiernos locales a fin de identificar cuántos de los puestos de

gerencia / sub gerencia que se encargan de la gestión integral de residuos sólidos son ocupados por hombres y mujeres, a fin de lograr una equidad de género en las gerencias.

- Incorporar indicadores de género en la información referida a la cantidad de mujeres y hombres que participan en las Asociaciones de Recicladoras que se han formalizado y participan de los programas de segregación en la fuente y recolección selectiva.
- Identificar en las encuestas de programas presupuestales a qué miembro del hogar se realiza la capacitación destinada a lograr la segregación en la fuente dentro del hogar y en el reporte de SIGERSOL el género de la persona que ha sido capacitada.
- Generar información social, económica de los trabajadores que laboran en la gestión de residuos sólidos, a fin de que sean identificadas como potenciales beneficiarios puedan acceder a los programas sociales que se requieran y existan.

Propuestas para incorporar el enfoque de género en las políticas públicas y ordenamiento jurídico vigente en materia de residuos sólidos

- Propiciar el acceso para recicladoras y sus hijos a programas sociales especialmente de alimentación y sostenibilidad de la educación.
- Definir perfiles para las funciones y labores en cuanto a la gestión municipal de residuos sólidos, de modo que se puedan especificar exigencias uniformes y evaluar objetivamente a las personas.
- Propiciar la evaluación objetiva del desempeño de trabajadores y trabajadoras, estableciendo indicadores y medios de registro que deban ser tomados en cuenta para el control y evaluación del personal.
- Incorporar a la organización Municipal un órgano de línea a cargo de la gestión de la salud y seguridad en el trabajo, que considere las características de varones y mujeres que determinan condiciones para la realización de las labores operativas del servicio de limpieza pública, incluyendo la recolección selectiva a cargo de recicladoras y recicladores.
- Generar un fondo de inversiones para la implementación de infraestructuras de disposición final de residuos sólidos, de modo que se propicie la erradicación del trabajo de reciclaje en condiciones inhumanas que se da en los botaderos.
- El Ministerio del Ambiente deberá realizar una medición sobre el ciclo de vida de los principales materiales que generan residuos sólidos municipales valorizables.

Referencias Bibliográficas

- Instituto Nacional de Estadística e Informática (2018). **Indicadores de Gestión Municipal 2017**. Lima. INEI.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática (2018). **Sistema de Información Regional para la Toma de Decisiones**. Lima. INEI.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática (2018). **Clasificador Nacional de Ocupaciones 2015**. Lima. INEI.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática (2017). **Perú Brechas de Género 2017. Avances hacia la igualdad de mujeres y hombres**. Lima.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática (2010). **Encuesta Nacional de Uso del Tiempo 2010**. Lima. INEI.
- Internacional Solid Waste Association (2015). **Wasted Health: The tragic case of dumpsites**. Viena. ISWA.
- Ministerio del Ambiente. (2016). **Plan Nacional de Gestión Integral de Residuos Sólidos**. Lima: MINAM.
- Ministerio del Ambiente. (2017). **Sistematización, diagnóstico, análisis y propuestas sobre la formalización municipales de recicladores y su inserción en el programa de segregación en la fuente y recolección selectiva de residuos sólidos domiciliarios, de las municipalidades tipo Ay B, de los expedientes de postulación en el marco del programa de modernización y mejora de la gestión municipal**. Lima: MINAM.
- Municipalidad Provincial de Arequipa (2017). **Plan Integral de Gestión Ambiental de Residuos Sólidos (PIGARS) de la provincia de Arequipa**. Arequipa: MPA.
- Decreto Supremo N° 014-2011, Plan Nacional de Acción Ambiental - PLANAA Perú: 2011 – 2021. Diario Oficial El Peruano, Lima, Perú, 14 de julio de 2011.
- Decreto Supremo N° 014-2017, Reglamento de la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos. Diario Oficial El Peruano, Lima, Perú, 21 de diciembre de 2017.
- Ley N° 29419, Ley que regula la actividad de los recicladores. Diario Oficial El Peruano, Lima, Perú, 07 de octubre de 2009.
- Resolución Ministerial N° 005-2010-MINAM, Reglamento de la Ley que regula la actividad de los recicladores. Diario Oficial El Peruano, Lima, Perú, 03 de junio de 2010.
- XVIII Reunión Anual: Gestión de Residuos Sólidos Municipales. Ministerio del Ambiente. Lima. 2018.

Bases de datos:

- Sistema de Información para la Gestión de Residuos Sólidos. (2008 – 2016). SIGERSOL. Lima: MINAM. <http://sigersol.minam.gob.pe>

Dispositivos Legales y Normativos:

- Decreto Legislativo N° 1278. Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos. Diario Oficial El Peruano, Lima, Perú, 23 de diciembre de 2016.

Biodegradación como alternativa de gestión de los agroplásticos utilizados en la agricultura protegida en el campo mexicano.

GEORGINA FERNÁNDEZ VILLAGÓMEZ, Posgrado Facultad de Ingeniería Universidad Nacional Autónoma de México, gfv19@hotmail.com

ORTA LEDESMA MARÍA TERESA, Instituto de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México, mortal@iingen.unam.mx

GAVILÁN GARCÍA IRMA CRUZ, Facultad de Química, Universidad Nacional Autónoma de México, irmac@unam.mx

DELGADO LÓPEZ CHRISTIAN AXEL, Posgrado Facultad de Ingeniería Universidad Nacional Autónoma de México, chris_loopz@yahoo.com.mx

ROMERO MARES PATRICIA ISABEL, Instituto de Investigaciones en Matemáticas Aplicadas y en Sistemas, Universidad Nacional Autónoma de México, patricia@sigma.iimas.unam.mx

Resumen

Agriculture in Mexico has been incorporating new techniques of irrigation and cultivation in order to increase production and insert new crop schemes. One of these technologies includes the use of plastics in different forms, and in recent years its use has had a surprising growth of more than 20% per year. Protected agriculture is one that is carried out under protective structures that help to have a certain degree of control over the various environmental factors, thereby minimizing the impacts that adverse weather conditions and pests cause on crops; however, it has created the problem of solid waste derived from the use of these plastics. A common practice has been to burn them in the outdoor or bury them once they complete their cycle of productivity and application. Its indiscriminate burning presents a drawback with the additives that accompany these plastics because their uncontrolled combustion generate serious air pollution problems.

Key words: protected agriculture, agricultural plastics waste, biodegradable plastics, soil contamination, anaerobic process.

Introducción

La agroplasticultura está identificada como una estrategia de adaptación al cambio climático en la agricultura, por lo que existen programas públicos institucionales que apoyan las técnicas productivas con agroplásticos (SAGARPA, 2015). Las principales ventajas del uso de agroplásticos son: ahorro de agua, incremento en la producción total, protección de contingencias meteorológicas, además de un control de plagas, enfermedades y malezas. Sin embargo, los residuos generados son abandonados a la intemperie en los campos de cultivo y barrancas, desechados a cielo abierto en basureros clandestinos y en el mejor de los casos en rellenos sanitarios (Gómez y Arellano, 2014).

La Norma Oficial Mexicana NOM-161-SEMARNAT-2011 clasifica como residuos de manejo especial a los residuos plásticos generados por las actividades agrícolas.

El abandono de agroplásticos en el campo y su acumulación genera contaminación de los suelos agrícolas y un impacto paisajístico y visual. Todo esto contribuye a la mala imagen que tiene el plástico como "agresor" del ambiente, haciendo evidente la urgente necesidad de desarrollar tecnologías para el manejo y mejor aún su incorporación al medio (Gómez y Arellano, 2014).

La combustión incompleta en escenarios de cielo abierto de estos residuos puede dar lugar a la liberación de materia en partículas como monóxido de carbono y dióxido de azufre. Además, subproductos peligrosos pueden estar presentes en la ceniza residual y las emisiones en el aire en forma de metales pesados, dioxinas, furanos e hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP), compuestos altamente tóxicos para la salud y considerados contaminantes con un efecto potencial sobre el medio ambiente (Sonnevera International Corporation, 2011) citado por (Briassoulis, 2013).

Las consecuencias del abandono de los residuos plásticos agrícolas en los campos y rellenos son la

contaminación estética y la degradación del paisaje de las regiones (figura 1), la contaminación del aire por su quema indiscriminada en escenarios de cielo abierto y la sobrecarga de rellenos sanitarios, además fragmentos de plástico degradados terminan en el mar, contaminando el agua de mar y amenazando a los organismos marinos (Briassoulis, 2013).

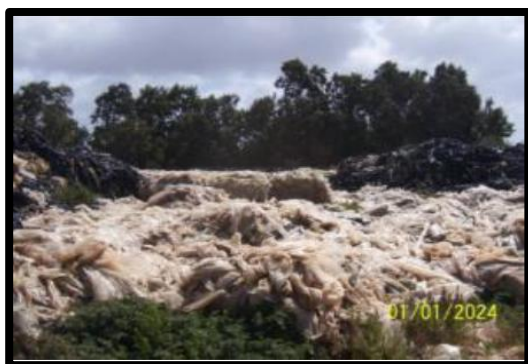


Figura 1. Valle de San Quintín, Baja California.
Fuente: (López y SEMARNAT, 2012).

Objetivo

Demostrar que la biodegradabilidad de agroplásticos utilizados en la agricultura protegida es una alternativa de gestión para el campo mexicano.

Metodología

Inicialmente se identificaron diversos proveedores de agroplásticos y se analizaron los que tenían disponibilidad de material biodegradable y de uso convencional. Después se adquirieron dos muestras comerciales de agroplástico biodegradable, ambas con ácido poliláctico integrado en su formulación y una muestra convencional a base de polietileno de baja densidad (LDPE), el cual es el material principal de los agroplásticos no biodegradables.

La caracterización de la fracción orgánica (fotografía 1) y del inóculo anaerobio (fotografía 2) se realizó en términos de: humedad, sólidos totales (STT), sólidos volátiles (STV), sólidos fijos (SFT), DQO, N₂ total y pH todos ellos de acuerdo con las normas que se indican en la tabla 1 y con base en las especificaciones de la norma ASTM D 5526-12.

Tabla 1. Determinaciones realizadas para caracterizar el inóculo anaerobio y FORSU de acuerdo a la norma ASTM D 5526-12.

Determinación de acuerdo a ASTM D 5526-12	Método analítico	Técnica
% Humedad	NMX-AA-016-1984	Gravimetría. Por diferencia de masas.
Sólidos totales (STT)	APHA-AWWA-WEF 2540-B	Gravimetría. Masa de sólidos secados de 103-105°C.
Sólidos volátiles (STV)	APHA-AWWA-WEF 2540-E	Gravimetría. Masa de sólidos incinerados a 550°C.
Sólidos fijos (SFT)	APHA-AWWA-WEF 2540-E	Gravimetría. Masa de sólidos incinerados a 550°C.
Demanda química de oxígeno (DQO)	APHA-AWWA-WEF 5220-D	Método colorimétrico. Digestión a 150°C y lectura a 600 nm.
Nitrógeno total	NMX-AA-024-1984	Titulación por retroceso. Digestión ácida, neutralización y titulación con H ₂ SO ₄ 0.02N.
pH	NMX-AA-025-1984	Potenciométrico.



Fotografía 1. Fracción orgánica (FO) utilizada.



Fotografía 2. Inóculo anaerobio utilizado.

Posteriormente se prepararon 12 reactores de 1000 mL (fotografía 3). Para cada reactor se realizó una mezcla de 100 g de FO, 106 g de inóculo anaerobio en peso seco y 6 g de muestra agroplástica con las proporciones correspondientes para la ejecución a nivel laboratorio.



Fotografía 3. Reactores preparados con mezcla FO+inóculo+agroplástico.

Las repeticiones se formularon con la mezcla FO+inóculo+sustrato como se indica en la tabla 2.

Tabla 2. Sustratos aplicados como tratamiento a la mezcla (FO+inóculo+sustrato).

Repeticiones	Sustrato
3	S1: Celulosa (blanco positivo)
3	S2: Agroplástico convencional (marca comercial 1)

3	S3: Agroplástico Biodegradable (marca comercial 2)
3	S4: Agroplástico Biodegradable (marca comercial 3)

Lo anterior, con base en el modelo estadístico experimental diseñado en parcelas divididas descrito con la ecuación siguiente:

$$y_{ijk} = \mu + S_i + R_{j(i)} + T_k + (ST)_{ik} + \epsilon_{ijk} \quad \text{Ec (1)}$$

Donde:

y= Variable de respuesta (volumen de biogás producido), j-esima observación del i-esimo tratamiento en el k-esimo tiempo.

μ = media general

S_i = efecto del tipo de plástico (sustrato), tratamiento de parcela grande (i= 1, 2, 3, 4).

$R_{j(i)}$ = error del reactor j-esimo (aleatorio) anidado en i-esimo tratamiento (tipo de agroplástico).

T_k = efecto del tiempo k (1, 2, ... , 63), tratamiento de parcela pequeña.

$(ST)_{ik}$ = efecto de la interacción (sustrato:tiempo).

ϵ_{ijk} = error asociado a la ijk-esima observación.

Para la producción y captura del biogás se implementó el método de la probeta invertida que funciona mediante el desplazamiento del volumen de agua dentro de la probeta luego de iniciar el arranque del sistema y la producción de biogás.

El sistema se construyó como se muestra en la fotografía 4, donde los reactores fueron sumergidos en un baño María a 55 °C (simulando las condiciones de relleno sanitario de acuerdo con la norma ASTM D 5526-12) y el biogás producido en ellos fue captado en las probetas invertidas.



Fotografía 4. Sistema de reactores anaerobios.

A continuación, se cuantificó diariamente el volumen de biogás producido mediante la técnica de desplazamiento de volumen a lo largo de diez semanas de experimentación. Los datos de volumen producido se introdujeron al modelo para su tratamiento mediante el paquete estadístico R.

Una vez concluido el proceso experimental, se destapó cada reactor, se retiró el sobrenadante y se removió el material de prueba (sustratos) como se observa en la fotografía 5.



Fotografía 5. Sobrenadante con sustratos.

Para comprobar la reducción de carbono orgánico en el material de prueba, luego de la remoción se determinó el peso molecular de la muestra S4 antes y después del proceso de biodegradación en el Centro de Investigación en Química Aplicada (CIQA).

Resultados

De acuerdo con las pruebas solicitadas por la norma ASTM D 5526-12, la fracción orgánica tiene un porcentaje de humedad de 74.7%, por lo que está dentro del límite establecido de 30% de sólidos totales. El resto de los parámetros respetan los límites establecidos por la norma, lo que permite conocer el contenido de nutrientes de la fracción orgánica y el potencial de biodegradación del inóculo. Los resultados obtenidos respecto a la caracterización del inóculo anaerobio y de la fracción orgánica se reportan en la tabla 3.

Tabla 3. Resultados obtenidos de la caracterización de inóculo anaerobio y FORSU.

Parámetro	FORSU (Unidad Hab. Villa Olímpica, CDMX)	Inóculo anaerobio (Cervecería Grupo Modelo S.A. de C.V.)
% Humedad	74.71	67.97
pH	5.06	8.44
STT (mg/L)	30091.25	6812.50
SVT (mg/L)	24485.50	3412.50
SFT (mg/L)	5605.75	3400.00
DQO (mg O ₂ /L)	285.50	308.42
N ₂ Total (%)	0.39	0.49

Previo al arranque del sistema, se esperaba que los reactores del control positivo (S1) tuvieran una mayor producción de biogás, seguidos por cualquiera de los reactores con los sustratos biodegradables (S3 y S4), y al final con menor producción los reactores del sustrato convencional (S2) debido a la capacidad que tiene cada sustrato para convertir el carbono orgánico a carbono gaseoso. A continuación, se muestra en la figura 2 la producción promedio diaria de biogás de cada sustrato agroplástico a través del tiempo hasta el día 63 en el que se detuvo el sistema:

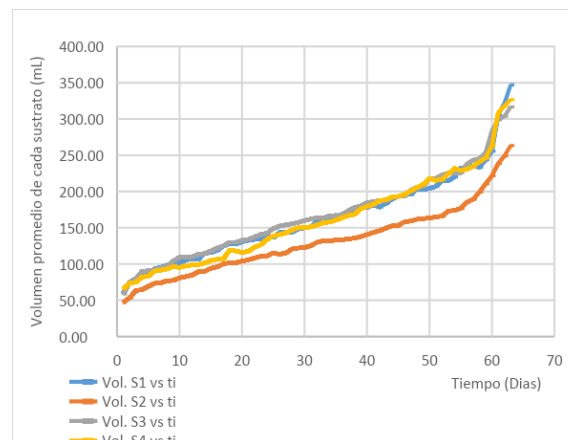


Figura 2. Volumen promedio producido de cada sustrato a través del tiempo.

El modelo estadístico permitió realizar una comparación de la producción de biogás entre los reactores del control positivo y los reactores con los sustratos agroplásticos biodegradables y convencionales. De esta manera se determinó que en el caso de los agroplásticos biodegradables hubo una mayor producción de biogás en comparación con los convencionales como se esperaba antes de la prueba experimental.

También se demostró que hay un comportamiento directamente proporcional en la producción de biogás a través del tiempo. Además de la interacción entre el sustrato y el tiempo, existe una relación entre la cantidad de biogás producido y el sustrato aplicado la cual se debe al carbono orgánico disponible en el sustrato que puede ser transformado a carbono gaseoso (biogás).

La ANOVA correspondiente para "Parcelas Divididas" (tabla 3) indica que hay diferencia significativa entre la interacción del sustrato vs. tiempo. Por lo anterior, se debe descartar el p-value de los factores independientes y concentrar el análisis en la interacción y el efecto que tiene el sustrato aplicado a través del tiempo, así como comparar con el sustrato "celulosa" (S1) mediante las interacciones de cada muestra en el tiempo.

Tabla 3. ANOVA de modelo estadístico experimental en “Parcelas Divididas” aplicado.

	Componente	gl	SS	CM	F	p-value
Parcela grande	sustrato	3	158577	52859	4.4898	0.03971
	sustrato:reactor	8	94184	11773	130.4086	2.2E-16
Parcela pequeña	ti	62	2406218	38810	429.8944	2.2E-16
	sustrato:tiempo	186	33364	179	1.9869	1.636E-09
	residual	496	44778	90		

Antes del arranque del sistema se introdujeron los sustratos en cuadros de 1.5 x 1.5 cm. Después de la remoción se comparó el aspecto del material, al inicio y al final del experimento. De acuerdo con la comparación, se pudo apreciar que la biodegradación fue visible para los casos de agroplásticos biodegradables.

En la marca comercial 2 (S3), hubo una marcada fragmentación del material, disminuyó su tamaño y forma de manera significativa. La marca comercial 3 (S4), tuvo un cambio de color de negro a verde oscuro, gran fragmentación y una clara modificación en la conformación del material de cuadros a pequeñas tiras frágiles, mientras que el agroplástico convencional (S2), permaneció de la misma forma y tamaño después del proceso (fotografía 6).



Fotografía 6. Comparación de material al inicio y fin del experimento (repetición 1).

De acuerdo con el análisis realizado por el CIQA, el peso molecular de la muestra S4 antes del proceso fue 148,978 g / mol $\pm$ 1.2%, mientras que después del proceso de biodegradación fue 7,204 g / mol $\pm$ 5.1%. La reducción del peso molecular también indica que hubo transformación de materia de carbono orgánico a carbono gaseoso por medio del tratamiento de biodegradación.

Conclusiones

A través de llevar a cabo unas pruebas a nivel laboratorio, se demostró que sí hay biodegradabilidad de los agroplásticos utilizados en la agricultura protegida y que su disposición en rellenos sanitarios es una alternativa segura como parte de su gestión para el campo mexicano. El material de los agroplásticos a base de polietileno de baja densidad (LDPE) presentó mayor resistencia a la biodegradación en comparación con el material de los plásticos agrícolas biodegradables con ácido poliláctico (PLA) en su formulación, como se reporta en la literatura. De acuerdo con el modelo estadístico experimental, sí hay un efecto en la producción del biogás respecto al tipo de sustrato que se ve afectada por la interacción del tiempo, siendo mayor la producción en el caso del material biodegradable. La disminución del peso molecular del material biodegradable demuestra que el tratamiento por biodegradación permite una transformación del carbono orgánico contenido en el material a carbono gaseoso.

Agradecimientos

Los autores agradecen a la Coordinación de Ingeniería de Ambiental del Instituto de Ingeniería y al Departamento de Ingeniería Química de la Facultad de Química ambos de la UNAM por el apoyo brindado para este estudio.

Referencias

APHA-AWWA-WEF. (2005). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. Total solids suspended-Method 2540 (Vol. 21th). New York: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.

- ASTM International. (2012). ASTM D 5526-12. Standard Test Method for Determining Anaerobic Biodegradation of Plastic Materials Under Accelerated Landfill Conditions. Estados Unidos: Copyright ASTM International.
- Briassoulis, D. (2013). Review, mapping and analysis of the agricultural plastic waste generation and consolidation in Europe; Waste, management and research.
- DOF, D. (1984). NORMA MEXICANA NMX-AA-16-1984. Protección al ambiente-Contaminación del suelo-Residuos sólidos municipales-Determinación de humedad. CDMX: DOF.
- DOF, D. (1984). NORMA MEXICANA NMX-AA-24-1984. Protección al ambiente-Contaminación del suelo-Residuos sólidos municipales-Determinación de nitrógeno total. CDMX: DOF.
- DOF, D. (1984). NORMA MEXICANA NMX-AA-25-1984. Protección al ambiente-Contaminación del suelo-Residuos sólidos-Determinación del pH-Método potenciométrico. CDMX: DOF.
- DOF, D. (2011). NOM-161-SEMARNAT-2011. CDMX: DOF.
- Gómez, G., & Arellano, R. (2014). Plan de Manejo Integral de Plásticos para la Agricultura. México: Plan e-book de Asociación de Recicladores de Plásticos Agrícolas de México (ARPAM).
- López, L. A., & SEMARNAT. (2012). Simposio Internacional de Residuos: Perspectiva y gestión del sector primario en México (2008-2012), "Los residuos de la producción primaria (agropecuarios y pesqueros)".
- SAGARPA, U. F. (2015). Plan de manejo de residuos generados en actividades agrícolas. Primera etapa: Diagnóstico Nacional. Zacatecas: Reporte detallado, Folio: 211PP064.
- Sonnevera International Corporation. (2011). Ontario agricultural waste study: Environmental impacts of open-burning agricultural plastics. Retrieved from <http://www.cleanfarms.ca/documents/studies/AgPlasticEnviroImpact>

FORTALECIMIENTO DEL RECICLAJE INCLUSIVO EN LOS BARRIOS DEL SUR Y DOS PARROQUIAS RURALES DE NUEVA LOJA, ECUADOR

PIETRO GRAZIANI, Fundación ACRA, pietrogra@yahoo.it; **PIO BRAVO**, Gobierno Municipal de Lago Agrio, pbravoen@hotmail.com, pio.bravo@lagoagrio.gob.ec

PALABRAS CLAVES

3Rs, economía circular, Ecuador, Reciclaje inclusivo

ABSTRACT

The GADM of the Canton Lago Agrio as of May 2012, implemented the project called "*Lago Agrio Ciudad Limpia*", which aimed to raise awareness and environmental education and differentiate solid household waste in 38 neighborhoods in the northwest sector of the City. With the aforementioned project, a new solid waste management system was implemented. In addition, an environmental education program was executed in the educational centers of the sector, and door-to-door training was carried out for all inhabitants of the routes in the center and north of the city of Nueva Loja.

At the same time, an Association of recyclers working in the area of influence of the sanitary landfill located in the "Puerto Rico" community has been strengthened. The national environmental authority recognized this implemented system, is considered as a reference at the regional level by the model of inclusive management that the system has adopted, in this system the Municipality participates in compliance with the exclusive competences as responsible for waste management solids. Currently there is equipment and working capital to improve productivity and increase the volumes of recyclable material to achieve sustainability.

INTRODUCCION.

La ciudad de Nueva Loja (Lago Agrio) se encuentra en el nororiente ecuatoriano, al inicio de la llanura amazónica, con una altitud media de 400 m.s.n.m., una extensión de 3.138,80 Km², y una población de 91.744 habitantes, de los cuales 46.966 son hombres y 44.778 mujeres.

Está conformado por 8 parroquias: una urbana, Nueva Loja (cabecera cantonal), y siete rurales.

Sus límites territoriales son:

Norte: República de Colombia.

Sur: Cantones Shushufindi y Cuyabeno y provincia de Orellana.

Este: Cantones Putumayo y Cuyabeno.

Oeste: Cantón Cáscales.

Fig. 1- Ubicación del Cantón Lago Agrio



En el Cantón Lago Agrio, según datos del último censo del INEC (2010) la población es de 91.744 habitantes, lo que refleja una tasa de crecimiento del 27.20% entre los periodos 2001 al 2010, de los 41 municipios Amazónicos Lago Agrio es el cantón con mayor población. El crecimiento promedio anual de población en el período 2001-2010, es de 5,2%.

Lago Agrio es considerado como el motor económico provincial, a más de ello existe la presencia de empresas petroleras y otras que con sus procesos productivos y actividades mercantiles y/o de prestación de servicios, consumen gran cantidad de recursos naturales y generan muchos residuos, siendo así responsables en gran medida de la degradación ambiental.

Hacer realidad el cambio hacia la sostenibilidad requiere que las empresas e instituciones educativas y ciudadanía en general se incluyan en la protección del ambiente como parte de su filosofía empresarial e institucional en todas sus fases de actividad.

La educación ambiental, es una entre las metodologías sencillas y útiles que podemos adoptar tanto para los estudiantes como para la ciudadanía en general de cara a reducir el impacto ambiental negativo de sus efectos. Son acciones que implican cambios en la organización y, fundamentalmente, en el comportamiento y los hábitos de las personas para disminuir riesgos ambientales. Siendo esta actividad asumida por la GADMLA, a través de la Dirección de Gestión Ambiental, en establecimientos educativos mediante una coordinación con la Dirección de Educación en el cual se ha incluido dentro del pensum de estudio para la capacitación a estudiantes en la ciudad de Nueva Loja y parroquias del Cantón Lago Agrio.

El Gobierno Municipal de Lago Agrio dentro de sus competencias como gobierno autónomo descentralizado, a través del Código Orgánico de Ordenamiento Territorial Autonomía y Descentralización (COOTAD) tiene como responsabilidad el regular, prevenir y controlar la contaminación ambiental en el territorio cantonal de una manera articulada con las políticas ambientales nacionales; para lo cual deberá promover procesos de sensibilización y educación ambiental mediante campañas que permitan minimizar los impactos ambientales.

El Gobierno Municipal del Cantón Lago Agrio a partir del mes de mayo del año 2012, implementó el proyecto denominado “*Lago Agrio Ciudad Limpia*”, que tuvo como finalidad la concienciación y educación ambiental y la diferenciación de los residuos sólidos domiciliarios en 38 barrios del sector noroeste de la Ciudad de Nueva Loja.

Con el proyecto antes mencionado se logró implementar un nuevo sistema de manejo de los residuos sólidos. En el sector norte y centro de la ciudad, se realiza actualmente la separación de los residuos sólidos en la fuente (en los domicilios), el municipio realiza la recolección de manera diferenciada, en una funda azul el material reciclable (cartón, papel, vidrio, plástico, latas etc.) y en una funda negra los materiales no reciclables como son: (papel higiénico, toallas higiénicas, desechos de cocina). Además se implementó un programa de educación ambiental en los centros educativos del sector, y se realizó la capacitación puerta a puerta a todos los habitantes de las rutas del centro y norte de la ciudad de Nueva Loja.

Paralelamente se ha fortalecido una Asociación de recicladores que trabajaba en el área de influencia del relleno sanitario ubicado en la comunidad “Puerto Rico”.

Se construyó infraestructura (galpones) y se adquirió maquinaria (prensa hidráulica, banda transportadora, lavadora, aglutinadora y picadora de plástico); maquinaria que fue entregada en comodato a la Asociación antes mencionada para que opere y comercialice los productos reciclables que se recuperan producto de la separación en la fuente que realizan las empresas y compañías privadas que utilizan las celdas de disposición final del relleno sanitario.

Por otra parte el GADMLA a través de la Dirección de Gestión Ambiental, apoya a los recicladores de base que operan en las principales calles de la ciudad Nueva Loja, se regularizó a la mayoría de gestores técnicos y se conformó la organización de recicladores ASOSERALL con la mayor parte de recicladores informales que operaban en las principales calles de la ciudad de Nueva Loja, (Asociación de Servicios de Reciclaje Amazonía Limpia), con el fin de que esta organización pueda realizar la recolección de la funda azul, la clasificación, el embalaje y la comercialización de los productos recuperados con el sistema de reciclaje.

Este sistema implementado fue reconocido por la autoridad ambiental nacional, es considerado como un referente a nivel regional por el modelo de gestión inclusiva que el sistema ha adoptado, en este sistema participa el Municipio en cumplimiento de las competencias exclusivas del COOTAD como responsable de la gestión de residuos sólidos, mismo que garantiza una gestión eficiente de los desechos, la población en cumplimiento de la ordenanza municipal, misma que obliga a que la ciudadanía entregue sus desechos sólidos de manera diferenciada; en funda negra los desechos no reciclables y en la funda azul los reciclables; y las Asociaciones de recicladores participan como beneficiarias del sistema, recolectan la funda azul que entrega la ciudadanía con material reciclable en las rutas y horarios que el municipio lo ha determinado, luego clasifica y finalmente comercializa la producción lograda con el sistema.

Actualmente participan 31 recicladores como beneficiarios del sistema que el municipio implementó, mismos que pertenecen a las Asociaciones ASOSERALL Y PUERTO RICO. La primera realiza sus operaciones en las calles de la ciudad de Nueva Loja, además cuenta con un galpón alquilado para su gestión, y la segunda labora al interior del relleno sanitario en las instalaciones que el Municipio le ha entregado en calidad de comodato.

Los volúmenes que la Asociación Asoserall gestiona mensualmente como producto del sistema de recolección diferenciada es de 8.432 kilogramos mensuales, el precio promedio por kilogramo de material reciclable vendido, según análisis realizado durante los últimos seis meses de gestión es de 0.15 centavos de dólar. Considerando estos datos se determina que Asoserall ha recibido como ingresos brutos totales de la organización un promedio mensual de 1.264,00 dólares; ingresos que son repartidos mensualmente entre los 14 socios de Asoserall.

OBJETIVO.

El objetivo del presente artículo es lo de presentar los resultados iniciales del proyecto “Lago Agrio Ciudad Limpia”, finalizado en mejorar el sistema de recolección de residuos sólidos en los 32 Barrios del sector sur de la Ciudad de Nueva Loja y dos Parroquias del cantón Lago Agrio.

METODOLOGÍA.

Para la implementación de un eficiente control y seguimiento al sistema de separación en la fuente, para garantizar la reducción de residuos sólidos en el área de disposición final, se cuenta con el trabajo técnico del coordinador del proyecto, mismo que coordinó con el personal de recolección e inspectores, de manera que se garantizó mayor eficiencia en el cumplimiento de la normativa ambiental, específicamente la separación en la fuente que reza en el artículo 58 literal (e) de la ordenanza municipal.

El coordinador fue encargado también de la elaboración e implementación del plan para la emisión de GBPA, de manera que los inspectores liberen tiempo y pudieron controlar de mejor manera al reciclaje. Este plan pretende que la guía de buenas prácticas ambientales otorgada anualmente a los usuarios que tienen pequeños y grandes emprendimientos, como requisito para acceder a la obtención de la patente municipal entreguen los desechos reciclables al sistema de reciclaje inclusivo implementado por el Municipio; para ello se tuvo que presentar un documento (Manifiesto) que les garantizó que efectivamente entregaron los materiales al sistema de reciclaje.



Fig. 2- Asociación de recicladores

Con el fin de generar una cultura de buen manejo de los residuos sólidos en la comunidad, es decir; en los barrios y parroquias a intervenir con el proyecto, se determinó el grupo de capacitadores, que pudieron ser los mismos recicladores de la Asociación ASOSERALL que apoyaron, además de los inspectores que se están asignados desde la dirección de gestión ambiental.

Todas las actividades de capacitación obedecen a un plan de formación que el responsable de este componente elaboró y presento para su aprobación y puesta en funcionamiento, para sensibilizar a la ciudadanía, con el fin de que los habitantes del sector sur de Nueva Loja y de las dos parroquias de Pacayacu y Dureno, participen del sistema de reciclaje implementado por el Municipio.

Para la ejecución de estas actividades se contó con un vehículo a tiempo completo, mismo que movilizó al personal técnico capacitadores y abastecimiento de materiales.

El material reciclable que se generó y recolectó del sector sur de los barrios de la ciudad de Nueva Loja y parroquias, ha sido recolectado y distribuido de forma coordinada entre las organización Puerto Rico y Asoserall, que están ubicadas al interior del relleno sanitario y ciudad Nueva Loja, para efectos de reclasificación, embalaje y comercialización de los productos que resultaron de la clasificación en la fuente y la recolección diferenciada implementada por la Dirección de Gestión Ambiental del GADMLA.

Además el programa está acompañado de material promocional como trípticos, afiches, exhibidor de fotografías, videos entre otros, materiales promocional, que coadyuvaron y facilitaron el conocimiento a nivel educativo como de la ciudadanía en general.

La ejecución del proyecto fue a cargo de la Dirección de Gestión Ambiental (DGA), con el personal técnico fue designado por la DGA, tomando en cuenta sus conocimientos y experiencias.

Los recursos han sido manejados a través de la Dirección financiera del GADMLA, las adquisiciones que se requieran cumplieron con los procesos de contratación y compras que el municipio ejecutó a través del portal de compras públicas o por el sistema contable que contemple la organización no gubernamental o social que se vincule en el proceso a través de convenio.

Para lograr el fortalecimiento de las organizaciones de recicladores vinculadas al sistema de reciclaje inclusivo, con respecto a las fortalezas y habilidades en los procesos técnicos que desarrolla la Asociación Asoserall, se contó con una persona encargada de la gestión (Técnico responsable del fortalecimiento organizativo); mismo que se encargó de buscar alternativas de comercialización de la producción de manera directa con la industria nacional, una vez gestionado la maquinaria que se requiera para el prensado, y triturado de los materiales; fue encargado de implementar un modelo de gestión para el manejo de los recursos económicos que sirvieron como capital de trabajo para la compra y venta de materiales reciclados.

Generó también un plan de capacitación, carnetización y sanción para los recicladores informales; esto ayudó a que los recicladores informales tengan mayores relaciones comerciales con el sistema de reciclaje inclusivo implementado con Asoserall y Puerto Rico. Además elaboró y gestionó la aprobación e implementación del convenio entre ASOSERALL Y GADMLA para realizar el servicio de reciclaje en la ciudad de Nueva Loja, de manera que la actividad que realizó ASOSERALL sea considerada como un servicio para el GADM LAGO AGRIO.

Para fomentar la cultura de reciclaje, reducción y rehúso en los Barrios sector sur de la ciudad de Nueva Loja y dos Parroquias, se contó con un técnico con conocimientos básicos en educación ambiental, capaz de identificar a los centros educativos ubicados en la zona de influencia del proyecto, realizar acercamientos con las autoridades de los planteles para planificar estrategias de intervención, con el fin de lograr el involucramiento en el proyecto, elaborar un plan de capacitación y comercialización del material reciclable recuperado con los centros educativos, de manera que se logró asociar a la cadena de comercialización que implemente ASOSERALL.



residuos sólidos en el área de disposición final.

Fig. 3- Material reciclado entregado asociaciones

RESULTADOS.

Se ha fortalecido a las organizaciones de recicladores vinculadas al sistema de reciclaje inclusivo.

Se ha incrementado la producción de material reciclable en el cantón Lago Agrio, **17.909 Kg a 26.112 Kg**, por mes.

Realizado un eficiente control y seguimiento al sistema de separación en la fuente, para garantizar la reducción de

Actualmente se cuenta con equipamiento, y capital de trabajo para mejorar la productividad e incrementar los volúmenes de material reciclable para lograr su sostenibilidad.

MESES	KILOGRAMOS	MESES	KILOGRAMOS
Enero	26.599	Enero	27.110
Febrero	16.828	Febrero	25.311
Marzo	29.320	Marzo	30.208
Abril	16.823	Abril	18.402
Mayo	20.322	Mayo	22.322
Junio	13.958	Junio	15.101
Julio	14.768	Julio	16.475
Agosto	11.168	Agosto	14.677
Septiembre	14.468	Septiembre	16.629
Octubre	18.018	Octubre	21.060
Noviembre	14.368	Noviembre	25.575
Diciembre	18.268	Diciembre	32.474
TOTAL	214.908	TOTAL	265.344
Promedio Mensual año 2017	17.909,00	Promedio Mensual año 2018	22.112,00

Tab. 1- Producción de material reciclado

Se dispone con un plan de capacitación en los centros educativos mismo que está enfocado a la clasificación en la fuente y la comercialización a través del sistema de reciclaje inclusivo implementado, de manera que todos los materiales reciclables generados en las escuelas apunten a incrementar la producción de las asociaciones de recicladores.

CONCLUSIONES.

El Gobierno Municipal por su parte ha sido uno de los socios más beneficiados del presente sistema, ya que, con la puesta en marcha del sistema de reciclaje inclusivo, EL GADMLA ha dejado de invertir recursos económicos en el manejo de residuos sólidos de al menos 316.092 kilogramos durante el año 2018.

214.908 kilogramos recuperados por parte de la Asociación de Recicladores Puerto Rico y de 101.184 kilogramos por la Asociación de Recicladores Asoserall; lo que significan 316 toneladas.

Según estudios del sistema tarifario del año 2018 los costos por tonelada manejada al Gobierno Municipal le representan \$ 40.50 usd/tn por recolección, y por disposición final \$ 34,44. Si consideramos estos costos de producción el Gobierno Municipal está ahorrándose por el sistema de reciclaje inclusivo una cantidad aproximada de 23.687,79 dólares anuales.

Además de los recursos económicos ahorrados por parte del Gobierno Municipal, se evidencia una clara inversión en conocimientos de sus habitantes en cuanto a manejo de sus propios desechos sólidos, y se nota un cambio de cultura de la gente que día a día incrementa el número de personas involucradas que apuestan a un manejo responsable de los residuos sólidos generada en sus domicilios mediante la caracterización.

Por otra parte se evidencia también que se preserva al ambiente indirectamente ya que con estas prácticas adoptadas, se reduce la cantidad de desechos que van a las celdas de disposición final y con ello se reduce también la deforestación que

por lógica había que realizarse para la construcción de nuevas celdas; y con ello también se conserva de alguna manera la fauna silvestre que su hábitat está en estos lugares que se libró de deforestarse.

Según datos obtenidos del estudio de residuos sólidos realizado en el año 2011, la producción per-cápita del año 2011 fue de 0.74 kg/día y a la actualidad se proyectaba una producción per-cápita de 0.78 Kg/día con una población de 101.944 habitantes; lo que significa que a la actualidad tendríamos que estar produciendo en el cantón Lago Agrio 79,5 toneladas diarias. Sin embargo con las campañas fuertes de concientización ciudadana y con el sistema de reciclaje inclusivo implementado, registramos diariamente una cantidad de 58 toneladas que ingresan diariamente al relleno sanitario. Lo cual significa que la producción per-capita no se ha incrementado, o que existe una cultura de rehúso, reducción y reciclaje importante en nuestro cantón.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.

F. FREIJO. (2015). *Auditoria Ambiental de Relleno Sanitario del Cantón Lago Agrio*. Nueva Loja.

INEC (2010). Censo 2010. <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/search/censo+2010/page/3/>

F. Natura INC. CIA. LTDA. (2010). *Estudio de Impacto y Plan de Manejo Ambiental del Relleno Sanitario del Canton Lago Agrio*. Nueva Loja.

F. F. (2011). *Actualización del Estudio Técnico y Económico en el Manejo Integral de Residuos Solidos del Canton Lago Agrio*. Nueva Loja.

Social, M. d. (2015). *Estatuto de Creación Asociacion de Recicladores ASOSERALL*. Nueva Loja.

F., F. (2011). *Actualización del Estudio Técnico y Económico en el Manejo Integral de Residuos Solidos del Canton Lago Agrio*. Nueva Loja.

IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE RECOLECCIÓN DE RESIDUOS COMERCIALIZABLES, EN LA CIUDAD DE RIOBAMBA, ECUADOR

PIETRO GRAZIANI, Fundación ACRA, pietrogra@yahoo.it; CARLOS DUCHI, Gobierno Municipal de Riobamba, duchic@gadmriobamba.gob.ec, carlosduchi@yahoo.es

PALABRAS CLAVES

Aprovechamiento de residuos, Economía circular, Ecuador, Recolección puerta a puerta.

ABSTRACT

The GADM of the Canton Riobamba through the Solid Waste Sub Process is in charge of providing the solid waste collection service within its jurisdiction, for which how much with the lateral loading containerization system in 80% of the urban sector and the one of later load the non-containerized zone and in the rural parishes. The collected waste is transported directly to the sanitary landfill located in the Community of San Gerónimo de Porlón, located 7 km from the center of the city, where an average of 180 tons of garbage daily enters, of which 62.15% It's organic waste.

The GADM of Riobamba does not currently have a solid waste treatment, recycling or recovery system prior to final disposal, which implies that all these residues enter directly into the cell, undoubtedly complicating the respective technical management and what is more limiting the useful life of the landfill.

However, since 2016, the Association of Waste Pickers "Manos que Limpian" has been legally established with the support of GADM Riobamba, whose objective is to recover the largest amount of tradable waste within the urban area of Riobamba, commercialize and reduce the amount of waste that enters the Landfill.

Currently these people travel the streets of the city mainly in the containerized area, where they open containers and recover mostly plastic bottles, paper, cardboard and scrap metal.

INTRODUCCION.

El Municipio de Riobamba, es la capital de la provincia ecuatoriana del Chimborazo. Se localiza al centro de la [región Interandina del Ecuador](#), cerca del centro geográfico del país, rodeada de varios [volcanes](#) como el [Chimborazo](#), el [Tungurahua](#), el [Altar](#) y el [Carihuairazo](#). La ciudad se encuentra a 2.750m snm, con un clima que varía entre -10°C y 25°C (13°C en promedio) , con una población aproximada de 263.412 habitantes (INEC, 2013) y una densidad de 266hab/km².



Fig. 1- Ubicación de la ciudad de Riobamba.

En Riobamba se recogen aproximadamente 150 toneladas diarias de desechos, de los cuales el 62.15% son orgánicos y el resto inorgánicos. El GADM del Cantón Riobamba a través del Sub Proceso de Desechos Sólidos es la encargada de la prestación del servicio de recolección de Residuos Sólidos dentro de su jurisdicción, para lo cual cuenta con el sistema contenerización de carga lateral en el 80% del sector urbano y el de carga posterior la zona no contenerizada y en las parroquias rurales. Los residuos recolectados son transportados directamente hasta el relleno sanitario que se encuentra en la Comunidad de San Gerónimo de Porlón, ubicado a 7 Km desde el centro de la Ciudad, a donde ingresa un promedio de 150 toneladas de basura diarias de los cuales el 62.15% es residuos orgánicos.

El GADM de Riobamba actualmente no dispone de un sistema de tratamiento, reciclaje o recuperación de residuos sólidos previa a la disposición final, lo que implica que todos estos residuos ingresan directamente hacia la celda, indudablemente complicando el respectivo manejo técnico y lo que es más limitando la vida útil del relleno sanitario.

Sin embargo, desde el año 2016 se conforma legalmente la Asociación de Recicladores de base “Manos que Limpian” con el apoyo del GADM de Riobamba, cuyo objetivo es recuperar la mayor cantidad de residuos comercializables dentro de la zona urbana de Riobamba, comercializar y reducir la cantidad de residuos que ingresa al Relleno Sanitario.

Actualmente estas personas recorren las calles de la ciudad principalmente en la zona contenerizada, donde abren los contenedores y recuperan en su mayoría botellas plásticas, papel, cartón y chatarra.

OBJETIVO.

El presente artículo tiene como objetivo general, presentar los resultados preliminares del esfuerzo que el GAD Riobamba ha realizado para fomentar el reciclaje en el interior de los domicilios de las familias riobambeñas.

METODOLOGÍA.

Los integrantes de la indicada asociación recorren de contenedor en contenedor recogiendo los residuos inorgánicos comercializables, pero al momento de realizar estas actividades rompen las fundas plásticas y sacan la basura fuera del contenedor y consecuentemente dejan sucio el espacio alrededor del contenedor, lo que provoca una mala imagen para la ciudad.

Frente a esta problemática y con el objetivo de dignificar el trabajo de los recicladores de base “Manos que Limpian”, el GADM de Riobamba ha planteado realizar un proyecto piloto de recolección de botellas plásticas, papel y cartón en 4 barrios residenciales, como son: Álamos 1, Álamos 2, Riobamba Norte y Las Acacias.

Esta iniciativa consiste en recuperar los materiales comercializables, a través de la visita puerta a puerta en cada uno de los domicilios por parte los recicladores de base de la Asociación “Manos que Limpian”, en los cuales las familias tendrán separado sus residuos y lo entregarán directamente.

Los barrios participantes del presente proyecto se encuentran dentro de la zona de contenerización, dentro de la ruta 6 y 7, razón por la cual las familias se abstendrán de sacar los residuos reciclados al contenedor, mientras le visite un reciclador.



Fig. 2- Recorrido recicladores de base “Manos que Limpian”

El trabajo de visita de domicilios se realiza los domingos, cuando las familias están en casa. Para lo cual se ha conformado 2 grupos de 4 personas.

El primer grupo visita los barrios Álamos 1 y Riobamba Norte y el segundo grupo visita los barrios Álamos 2 y Las Acacias, con un recorrido aproximado de 7 kilómetros por grupo.

Actividades propuestas:

La ejecución del presente proyecto piloto de recolección diferenciada de botellas plásticas, papel y cartón en 4 barrios de la ciudad de Riobamba, consiste en cumplir las siguientes actividades:

Las familias que habitan en los barrios que participan del presente proyecto serán previamente socializados por parte del equipo de inspectores, donde se indicará los beneficios que conlleva su activa participación.

Un técnico designado por la Dirección de Gestión Ambiental, Salubridad e Higiene convocará a los recicladores, a reuniones donde serán informados sobre el proyecto y sus beneficios, se designará grupos de trabajo de acuerdo al cronograma de trabajo previamente consensuado y se socializará las rutas por donde recorrerán cada grupo de trabajo.

Los días domingos a partir de las 8H00, los recicladores visitarán los barrios previamente seleccionados recolectando los materiales que entregarán las familias, para lo cual el dispondrán de un vehículo tipo canter como apoyo para el transporte del material recolectado.

Beneficios

Dentro de los principales beneficios a lograrse con la ejecución de este proyecto piloto son:

Concientización a la ciudadanía a separar los residuos reciclables en el interior del domicilio, de manera que cada fin de semana puedan entregar directamente a los recicladores una funda con botellas plásticas, papel y cartón.

Dignificar el trabajo de los recicladores de base, por cuanto ya no tendrán que estar escarbando la basura que se encuentran en los contenedores.

Promover el desarrollo socioeconómico de los recicladores de base, y consecuentemente se contribuirá al mejoramiento de la calidad de vida de estas familias.

Actor	Rol que desempeña
Miembros de la Asociación Manos que Limpian	Recolección de los residuos como botellas plásticas, papel y cartón en los barrios seleccionados, de acuerdo a un horario y ruta preestablecida.
Ciudadanía que habita en los barrios Álamos 1, Álamos 2, Riobamba Norte y Las Acacias	Separar las botellas plásticas, papel y cartón y entregar a los recicladores de base “Manos que Limpian”.
Director de Gestión Ambiental, Salubridad e Higiene del GADM de Riobamba	Designar un técnico responsable para el seguimiento de proceso de recolección de residuos reciclados
Equipo de inspectores de la Dirección de Gestión Ambiental Salubridad e Higiene	Socializar puerta a puerta sobre cómo y qué tipo de residuos separar en el interior del domicilio.
Sub Proceso de Desechos Sólidos del GADM d Cantón Riobamba.	Asignar un vehículo tipo Canter a la “Asociación Manos que Limpian” para la recolección de los residuos recolectados.

Tab.1- Rol de actores relevantes en el presente proyecto.

RESULTADOS.

Dentro del proyecto piloto de recolección diferenciada de botellas plásticas, papel y cartón en 4 barrios de la ciudad de Riobamba por parte de miembros de la Asociación de recicladores de base “MANOS QUE LIMPIAN”, se recupera aproximadamente 200 Kilogramos a la semana por grupo de trabajo, entre botellas PET un 70%, papel un 14% y cartón en 16%.

El material recolectado es comercializado en un centro de acopio denominado “Recicladora Riobamba” ubicado en esta ciudad, a los siguientes precios:

Tipo de material	Cantidad (Kg)	Precio / Kg	TOTAL
Botellas PET	140	\$ 0.65	\$ 91,00
Cartón	32	\$ 0.15	\$ 4,8,00
Papel	28	\$ 0.12	\$ 3.36
		TOTAL	\$ 99,16

Tab. 2- Datos del material recolectado

CONCLUSIONES.

- ✓ Con la ejecución del presente proyecto contribuimos a mejorar la calidad de vida de las personas dedicadas al reciclaje ya que acuden directamente a los domicilios donde les entregan el material limpio y con ello se abstienen de entrar a los contenedores.
- ✓ Se mejora los ingresos económicos de las familias miembros de la Asociación, ya que al comercializar material no contaminado se mejoran los precios.
- ✓ Concienciamos a la ciudadanía sobre la importancia de la separación de residuos al interior del domicilio.
- ✓ La ciudadanía se siente motivada por ser parte del apoyo social que se brinda a los recicladores de base.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.

INEC (2013). Proyecciones poblacionales del Ecuador. <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/proyecciones-poblacionales/>

GADM del Cantón Riobamba, Sub Proceso de Desechos Sólidos

PROPUESTA PARA LA REHABILITACIÓN DE UN SUELO CONTAMINADO POR 1,2 –DICLOROETANO (DCA)

LUIS ANTONIO GARCÍA VILLANUEVA, Universidad Nacional Autónoma de México, luisiq2000@gmail.com

RAÚL HERNÁNDEZ BECERRIL, Universidad Nacional Autónoma de México ruloohbec@gmail.com,
ing.raulhbec@gmail.com

ANA LUCERO ISIDRO GUADALUPE, Universidad Nacional Autónoma de México, lucero_ig21@hotmail.com

Palabras Clave:

1,2- Dicloroetano; Lixiviado; COV; Suelo contaminado;

Abstract

In Mexico there are had 635 sites contaminated by dangerous residues, this owes to that a few years ago were not existed by a legislation that was supporting that it will guarantee of protection to the environment, this caused that during decades soils and water bodies were contaminated. In the following case of study they were totes buried, where it was storing 1,2-dichloroethane, generating a soil contaminated in this site, coming his impact up to his underground bodies of water. The present work has for aim, identify the technologies of rehabilitation of a contaminated soil, considering the affected site, the characteristics of the residue, costs and times to determine the most effective and ideal technology. Federal Redonda of Technologies (FRTR) will be considered to be the counterfoil for the selection of technologies of treatment, published by the Table for the Rehabilitation, the best technology for the remediation of the site is the "Extraction of steams of the soil ", being this the most ideal and of major efficiency as for time and costs, giving a result of great impact in the remediation. Thinking that the counterfoil (FRTR) is a tool of support, which provides the technologies most adapted for the rehabilitation of a contaminated site.

Introducción

En México, la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) informó a través del sitio Informático de Sitios Contaminados (SISCO) que se tienen registrado 635 sitios contaminados en el país. Los contaminantes provenientes del suelo, en su mayoría de origen antropogénicos y la otra parte en los fenómenos naturales. (DGGIMAR/SEMARNAT, 2014)

El caso de estudio que se presenta es un sitio contaminado por el residuo 1,2-Dicloroetano, perteneciente al grupo de los Compuestos Orgánicos Volátiles (COV), donde al realizar la construcción de una planta industrial se encontraron almacenados totes con este residuo.

La principal vía de afectación por 1,2-DCA se da por inhalación, debido a que se volatiliza a temperatura ambiente. (Mercado, 2006)

El Departamento de Salud y Servicios Humanos (DHHS por sus siglas en inglés), ha determinado que es razonable predecir que el 1,2-Dicloroetano produce cáncer. (ASTDR, 2016)

Objetivo.

Proponer la rehabilitación de un suelo contaminado por 1,2-Dicloroetano considerando las propiedades del suelo y del contaminante.

Metodología

El sitio de estudio se encuentra en el estado de Colima, México, donde años atrás existía una planta que manejaba 1,2-Dicloroetano en su proceso, encontrándose que la disposición de los residuos peligrosos fue almacenada en fosas con totes.

Durante la primera fase se realizaron muestreos del suelo hallándose más de 100 contenedores a una profundidad de cuatro metros, los cuales mostraban fisuras.

En una segunda fase se realizaron muestreos del suelo para conocer la estratigrafía de hasta 17 m de profundidad y concentraciones del 1,2-DCA en los primeros 12 m.

Las propiedades físicas y químicas del 1,2-DCA se muestran en la Tabla 1, en el que este tipo de sustancia se caracteriza por su alta volatilidad a temperatura y presión ambiente.

Tabla 1. Propiedades físicas y químicas del 1,2-DCA

PROPIEDAD	DESCRIPCIÓN
Peso molecular	98.96 g/mol
Punto de fusión	-35 °C
Punto de ebullición	84°C a 1.013 hPa
Punto de inflamación	13.0 °C –copa cerrada
Presión de vapor	33.3 hPa (25.0 mmHg) a 0 °C 86.0 hPa (65.0 mmHg) a 20 °C 312 hPa (234 mmHg) a 50 °C
Densidad relativa	1.23 g/ ml
Densidad a 20°C	1.25 g/ml
Solubilidad en agua	8.69 g/L a 20°C –ligeramente soluble
Log(K _{ow})	1.5
K _H (atm·m ³ /mol)	0.00091

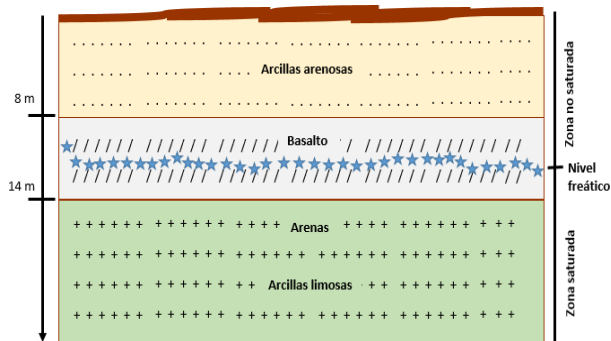
Fuente: (SIGMA-ALDRICH, 2015)

Para el caso de estudio se considerarán: 1) La matriz para la selección de tecnologías de tratamiento publicada por la Mesa Redonda Federal de Tecnologías para la Rehabilitación (FRTR, por sus siglas en inglés), disponible en la página electrónica de la Agencia de Protección al Ambiente de los Estados Unidos (por sus siglas en inglés USEPA) y 2) Las características estratigráficas del sitio afectado y propiedades fisicoquímicas del contaminante.

Resultados y discusión

Como resultados se presenta la estratigrafía del suelo (Figura 1), encontrándose que las arcillas arenosas predominan en los primeros 8 metros de profundidad.

Figura 1. Estratigrafía del sitio contaminado. Fuente: Elaboración propia



Así mismo, en la Tabla 2 se muestran las concentraciones encontradas a las diferentes profundidades de 1,2-DCA. Las cuales evidencian la afectación ambiental del sitio en estudio.

Tabla 2. Concentraciones diferentes profundidades.

PROFUNDIDAD (m)	CONCENTRACIÓN DE 1,2-DCA (mg/L)
2.0	8.9
4.0	9.0
6.0	9.1
8.0	9.2
10.0	9.3
12.0	9.3

Fuente: (Elaboración propia, 2018)

De acuerdo con la matriz FRTR (2007) las tecnologías con mayor efectividad en la remoción del 1,2-DCA en el suelo se presentan en la Tabla 3; al igual se muestra el puntaje obtenido. Los factores que se consideraron en la evaluación de las tecnologías fueron las siguientes: estatus de desarrollo, tren de tratamiento, operación y mantenimiento, costos, tiempo, disponibilidad y COV halogenados.

Tabla 3. Tecnologías efectivas para el tratamiento de compuestos orgánicos volátiles.

SUELO, SEDIMENTO, CAMA DE ROCAS Y Lodos	CALI F.
3.1 Tratamiento Biológico in-situ	
Bioventeo	7.5
Biorremediación mejorada	5.5
3.2 Tratamiento Físico/Químico in-situ	
Enjuagado de suelos	5
Extracción de vapores del suelo	5
3.3 Tratamiento térmico in-situ	
Tratamiento térmico	4.5
3.4 Tratamiento Biológico Ex-situ (asumiendo excavación)	
Biopilas	7.5
Tratamiento biológico con lodos	3.5
3.5 Tratamiento Físico/Químico Ex-situ (asumiendo excavación)	
Deshalogenación	2.5
3.6 Tratamiento térmico Ex-situ (asumiendo excavación)	
Incineración	4.5
Desorción térmica	5

Fuente: (FRTR, 2007)

Las tecnologías más recomendadas por la FRTR para el tratamiento del suelo contaminado del caso de estudio son: bioviento, biopilas y biorremediación mejorada. Sin embargo, se descartan, ya que aunque ofrece las mejores ventajas según la Consejería de Medio Ambiente y Ordenación Territorial (2005) y Solanas (2009), ya que elimina el contaminante y no lo transfiere a otro medio, sin dejar a un lado el bajo costo. Sin embargo, no se han aplicado en casos de suelos contaminados por 1,2-DCA.

Respecto al enjuague de suelos, la EPA (1996), la considera una tecnología agresiva al remover el contaminante con productos químicos que modifican las propiedades fisicoquímicas del suelo, deteriorándolo y modificando su uso futuro, la EPA, ha disminuido la implementación de esta tecnología debido al difícil escalamiento de laboratorio a campo.

Respecto a la desorción térmica como posible a ejecutar, Shangai Yu Kai Energy Technology Co., Ltd., (2010) menciona la necesidad de excavación del emplazamiento y considerando la alta volatilidad del 1,2-DCA no es factible por el riesgo y la alta probabilidad de emisiones sin control.

Para el caso de la extracción de vapores del suelo, la cual resulta factible tomando en cuenta que la FRTR (2007) y CAM (2014), mencionan que es adecuada para compuestos volátiles con presión de vapor mayor a 0.5 mmHg, y para el caso del 1,2-DCA cumple con el requisito, ya que su presión de vapor es de 65 mmHg (a 20°C). Además, esta tecnología según el Reporte de Rehabilitación de sitios Superfund (2012), emitido por la EPA, es la más implementada para compuestos orgánicos volátiles por sus rendimientos y costos, además existen antecedentes de haber sido utilizada en sitios con COV clorados logrando resultados exitosos.

Finalmente para la remediación del suelo en el presente caso de estudio se seleccionó la extracción de vapores, siendo la que representa la mejor opción respecto a las demás, en cuanto a costos y eficiencia de remoción del contaminante.

Conclusiones

Conforme al estudio realizado, se identificaron las tecnologías con mayores probabilidades de éxito al remediar un suelo contaminado con 1,2-DCA, considerando las propiedades del suelo afectado y características del contaminante, proponiendo la extracción de vapores como la mejor tecnología de tratamiento.

Respecto al contaminante 1,2-DCA se investigaron sus propiedades, usos, aplicaciones y toxicología, que permitieron conocer la interacción del contaminante con el medio litológico.

Referencias Bibliográficas

ASTDR. (2016). 1,2-Dicloroetano. Obtenido de Agenciapara Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades: http://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es_tfacts38.html

CAM. (2014). *Remediación "in situ" por el Método de inyección de aire y extracción de vapores orgánicos*. Obtenido de Instituto de Ingeniería UNAM: <http://www.iingen.unam.mx/es-mx/BancoDeInformacion/MemoriasdeEventos/2doCursoSuelosAcuiferos/JerjesPantoja.pdf>

CENAPRED. (1994). Tecnologías de tratamiento para la descontaminación de suelos. Obtenido de Centro Nacional de Prevención de Desastres: <http://www.cenapred.gob.mx/es/Publicaciones/archivos/152-TECNOLOGASDETRATAMIENTOPARALADESCONTAMINACINDESUELOS.PDF>

Consejería de Medio Ambiente y Ordenación Territorial. (2005). Biorremediación. Obtenido de Gobierno de Canarias: http://www.gobiernodecanarias.org/dgse/descargas/pecmar/anejo_09/Doc_10%20Biorremediacion.pdf

Cortinas, C. (2002). Marco conceptual de la remediación de sitios contaminados. Obtenido de SEMARNAT: <http://www.semarnat.gob.mx/archivosanteriores/temas/gestionambiental/Materiales%20y%20Actividades%20Riesgosas/sitioscontaminados/GTZ/G-Marco%20conceptual->

DGGIMAR/SEMARNAT. (2009). Programa Nacional de Remediación de Sitios Contaminados. Obtenido de SEMARNAT: http://www.inafed.gob.mx/work/foro_desde_lo_local/memorias/6_foro/remediacion.pdf

DGGIMAR/SEMARNAT. (2014). La gestión en la remediación y reutilización de sitios contaminados en México. Obtenido de SEMARNAT: <http://www.palabras-fuertes.com/subidas-provisionales/relasc-mex-2014/taller-perspectivas-fin-ponencias/01-semarnat-gestion.pdf>

EPA A. (1996). Guía del ciudadano: El enjuague del suelo in situ. Obtenido de Contaminated Site. Clean-Up Information: <https://clu-in.org/download/remed/spanflus.pdf>

FRTR. (2007). *Technology Sceening Matrix*. Obtenido de Federal Remediation Technologies Roundtable: <https://frtr.gov/scrntools.htm>

Mercado, F. (2006). *Contaminantes orgánicos volátiles*. Obtenido de Biblioteca Virtual de Desarrollo Sostenible y Salud Ambiental: <http://www.bvsde.paho.org/bvstox/fulltext/toxico/toxico-04a18.pdf>

SEMARNAT. (2015). *Leyes y Normas*. Obtenido de Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales: <http://www.semarnat.gob.mx/leyes-y-normas/normas-oficiales-mexicanas>

SIGMA-ALDRICH. (2015). *Safety Data Sheet 1,2-Dicloroetano*. Obtenido de SIGMA-ALDRICH: <http://www.sigmaaldrich.com/MSDS/MSDS/DisplayMSDSPage.do?country=MX&language=es&productNumber=284505&brand=SIAL&PageToGoToURL=http%3A%2F%2Fwww.sigmaaldrich.com%2Fcatalog%2Fproduct%2Fsial%2F284505%3Flang%3Des>

Shanghai Yu Kai Energy Technology Co., Ltd. (2010). *Thermal Desorption*. Obtenido de Shanghai Yu Kai Energy Technology Co., Ltd.: http://www.shyukai.com.cn/EN/en_product/chanpin01/127.html

Solanas, A. (2009). *La biodegradación de hidrocarburos y su aplicación en la biorremediación de suelos*. Obtenido de CIMNE Congress Bureau: <http://congress.cimne.com/zns09/admin/files/filepaper/p422.pdf>

PLAN DE MANEJO PARA LOS RESIDUOS PELIGROSOS GENERADOS EN EL COMPLEJO PETROQUÍMICO COSOLEACAQUE

LUIS ANTONIO GARCÍA VILLANUEVA, Universidad Nacional Autónoma de México,
luisiq2000@gmail.com

OMAR CÉSAR SÁNCHEZ DOMÍNGUEZ, Universidad Nacional Autónoma de México, omarcsanchezd@gmail.com

SÁNCHEZ VILLALOBOS MOISÉS, Universidad Nacional Autónoma de México,
moises.sanchez@comunidad.unam.mx

Palabras Clave: Plan de manejo, Residuos Peligrosos, Prevención, Generación.

Abstract: This work is an exercise in a study that helps in the development of the Management Plan for Hazardous Waste Cosoleacaque Petrochemical Complex, whose main activity is the production of ammonia (NH_3) as a main product, carbon dioxide (CO_2). As a byproduct and the recovery of hydrogen (H).

With this instrument is intended to know the current situation the management of waste from them in the facility, management alternatives, as well as the power to set goals and performance indicators, which ensure the management of hazardous waste generated in administrative activities, Production, maintenance and services of the Cosoleacaque Petrochemical Complex, is carried out by minimizing the environmental effects and complying with current applicable legislation.

Introducción

En la última década, se han depositado inadecuadamente los residuos sólidos urbanos, de manejo especial y peligrosos a lo largo del territorio mexicano. Lo anterior ha generado un gran impacto negativo en la salud de la población así como en los recursos naturales. (INGRP, 2012).

La misma “**Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR)**” en su Artículo 5 (fracciones XII, XIX y XX) y Artículo 44, clasifica a los generadores de residuos peligrosos en tres categorías de acuerdo con la cantidad de “residuos peligrosos (RP)” que generan en peso bruto total al año. Les denomina:

- “Micro Generadores”,
- “Pequeños Generadores “
- “Grandes Generadores”

Con base al “**Inventario Nacional de Generación de Residuos Peligrosos (INGRP)**”, el sector “*petróleo y petroquímica*” se colocó en décimo lugar a nivel nacional con la generación de 46,147.76 toneladas de residuos peligrosos por sector industrial y segundo lugar en el Estado de Veracruz con 5,701.95 toneladas. Por ello dentro del “**Programa Nacional para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (PNPGIR)**” se busca la prevención y gestión integral de los residuos peligrosos, reafirmando la competencia de la Federación y definiendo la política ambiental en este tema, poniendo énfasis en tres grandes principios: la prevención de la generación, la valorización y la gestión integral de los mismos, siendo ésta la que integre diferentes formas de manejo, dejando como última opción la disposición final (PNPGIR, 2012).

Con la entrada en vigor de la LGPGIR y su Reglamento se introdujo el concepto denominado “**PLAN DE MANEJO DE RESIDUOS PELIGROSOS (PMRP)**” el cual pretende ofrecer un panorama de la gestión de los residuos que favorezca la valorización de estos. Es un instrumento de gestión que permite a los particulares y a la autoridad diseñar y controlar de una manera flexible el manejo integral de los residuos peligrosos, (INGRP, 2012).

La LGPGIR establece en su Artículo 46, la obligación de presentar ante la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), un PMRP para aquellos establecimientos que, dentro de su proceso o servicio, genere más de 10 toneladas por año de residuos; siendo el caso del Complejo Petroquímico Cosoleacaque.

De acuerdo con el PNPGIR 2009-2012, la finalidad de la implantación de los planes de manejo se basa en:

- Promover la prevención de la generación y la valorización de los residuos, así como su manejo integral, a través de medidas que reduzcan los costos de su administración, faciliten y hagan más efectivos, desde la perspectiva ambiental, tecnológica, económica y social, los procedimientos para su manejo;
- Establecer modalidades de manejo que respondan a las particularidades de los residuos y de los materiales que los constituyan;
- Atender a las necesidades específicas de ciertos generadores que presentan características peculiares;
- Establecer esquemas de manejo en los que aplique el principio de responsabilidad compartida de los distintos sectores involucrados, y
- Alentar la innovación de procesos, métodos y tecnologías, para lograr un manejo integral de los residuos, que sea económicamente factible.

Objetivos

Objetivo general.

Elaborar el Plan de Manejo de Residuos Peligrosos del Complejo Petroquímico Cosoleacaque que cumpla con la legislación federal en materia de residuos peligrosos, así como los procedimientos, normativas y lineamientos de “Petróleos Mexicanos (PEMEX)”.

Objetivos particulares.

- Realizar un diagnóstico de la situación actual sobre el manejo de los residuos peligrosos que proporcione información sobre los puntos de generación, volúmenes de generación y caracterización de los residuos peligrosos;
- Identificar los residuos peligrosos con potencial de minimización, valorización y su aprovechamiento, modificando el patrón actual de manejo e incremento en la recuperación y reducción de costos, y
- Implementar un sistema de buenas prácticas y responsabilidad compartida para el manejo de los residuos peligrosos, considerando los procedimientos internos y cursos capacitación.

Metodología

Se utilizará como caso de estudio, la instalación del Complejo Petroquímico Cosoleacaque, Veracruz de Ignacio de la Llave, México, cuya actividad principal es la producción de amoníaco (NH_3) como producto principal, bióxido de carbono (CO_2) como subproducto y la recuperación de hidrógeno (H_2).

Como primer paso se realiza la identificación de los puntos para el diagnóstico de la generación de los RP, como se muestra en la figura 1.

Figura 1. Diagnóstico de la generación de los RP. Elaboración propia.

Como siguiente etapa, se realiza el diagnóstico de manejo actual de los RP, en la figura 2 se muestran las fases que se siguieron para el desarrollo de este.

Figura 2. Diagnóstico del manejo actual de los residuos peligrosos. Elaboración propia.

Finalmente en la figura 3, se muestra el análisis de los residuos sujetos al PMRP.

Figura 3. Análisis de los residuos a manejar en el plan de manejo. Elaboración propia.

Resultados y discusión

Como resultado del trabajo se presenta el PMRP en la figura 4, iniciando por las funciones del personal para la implantación y cumplimiento, el seguimiento por tipo de residuo y el empleo de indicadores de desempeño cuantitativo que requiere la capacitación a fin de lograr el éxito de la implantación.

Figura 4. Plan de Manejo de Residuos Peligrosos. Elaboración propia.

En cada una de estas etapas del plan se deben de cumplir con actividades específicas como se muestra en la figura 4. En la etapa 1 se realiza la asignación de responsabilidades para coordinar las operaciones del PMRP.

En la etapa 2 se establecen las metas para cumplir en su totalidad el PMRP.

Por último en la etapa 3, se determina el indicador de desempeño ambiental (IDA) el que permitirá calificar y cuantificar los RP por tipo de residuo y proceso productivo. Considerando la escala del rango de éxito de cumplimiento.

Escala del rango de éxito de cumplimiento.

El valor M % se ubica en el rango de cumplimiento que le corresponde conforme a la siguiente escala:

Rango	Cumplimiento
90 % al 100%	Cumplimiento total de la “ Meta Anual de Reducción para el Complejo Petroquímico Cosoleacaque (MARCPC) ” y no aplican acciones correctivas;
70% – 89%	Cumplimiento de la MARCPC “Aceptable”;
50% – 69%	Cumplimiento de la MARCPC “Medio”;
30% - 49%	Cumplimiento de la MARCPC “Bajo”;
0% - 29%	Cumplimiento de la MARCPC “Nulo o Sin Cumplimiento”.

Acciones que implantar

- Cumplimiento total de la MARCPC: Registrar las variables de estado que funcionaron durante la operación, producción, mantenimiento, normatividad interna, selección y contratación de proveedores de insumos y servicios, a fin de continuarlas para el siguiente año.
- Cumplimiento de la MARCPC “Aceptable”: Identificar una variable de estado que puedan ser modificada a fin optimizar la operación, producción, mantenimiento, normatividad interna, selección y contratación de proveedores de insumos y servicios.
- Cumplimiento de la MARCPC “Medio”: Identificar dos variables de estado que puedan ser modificadas a fin optimizar la operación, producción, mantenimiento, normatividad interna y selección de proveedores de insumos y servicios.
- Cumplimiento de la MARCPC “Bajo”: Identificar una variable de estado para la operación, para el mantenimiento, para la normatividad interna y para la selección de proveedores de insumos y servicios, que puedan ser modificados.

Conclusiones

- Se elaboró el PMRP del Complejo Petroquímico Cosoleacaque de acuerdo con la legislación federal en materia de residuos peligrosos, así como los procedimientos, normativas y lineamientos de PEMEX.
- Se realizó el diagnóstico de la situación actual sobre el manejo de los residuos peligrosos, considerando información sobre la caracterización, volúmenes y puntos de generación de RP.
- Las principales áreas de generación son, el almacén de insumos, almacén de reactivos químicos, laboratorio de control químico, plantas de amoníaco, planta de generación de energía eléctrica, área de tratamiento de agua y generación de vapor, talleres de mantenimiento, tanque de almacenamiento, cárcamo de bombeo y fosa de la planta de generación eléctrica.
- Se logró describir la infraestructura actual existente, el diagrama de flujo de manejo, así como los controles administrativos, encontrándose que la instalación cuenta con infraestructura suficiente y en condiciones óptimas, así como controles administrativos que permiten un manejo interno adecuado de los RP.
- Se identificó que cada uno de los RP generados poseen el potencial de minimización, siendo, los residuos de aceite lubricante gastado, lodos de tanques de almacenamiento de hidrocarburos, reactivo químico caduco y material impregnado con aceite son los que cuentan con mayor potencial de valorización y aprovechamiento.

- Derivado de la elaboración del presente PMRP se implementará un sistema de buenas prácticas a través de los procedimientos internos y genéricos, así como la implementación de cursos de capacitación y campañas de concientización al interior de la instalación.

Referencias

- SEMARNAT. 1988. Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente. México. Última reforma el 4 junio de 2012.
- SEMARNAT. 2003. Ley General para la Prevención y Gestión Integral de Residuos. México. Última reforma el 19 de enero de 2018.
- SEMARNAT. 2006. Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de Residuos. México. Última reforma el 31 de octubre de 2014.
- SEMARNAT-INE. 2006. Diagnóstico Básico para la Prevención y Gestión Integral de Residuos. México.
- SEMARNAT-INECC. 2013. Diagnóstico Básico para la Gestión Integral de los Residuos. México.
- SEMARNAT. 2008. Programa Nacional para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos 2009-2012. México.
- SEMARNAT. 2012. Integración y Actualización del Inventario Nacional de Generación de Residuos Peligrosos. México.
- Norma Oficial Mexicana NOM-052-SEMARNAT-2005.
- Norma Oficial Mexicana NOM-053-SEMARNAT-1993. Norma Oficial Mexicana NOM-054-SEMARNAT-1993.
- Norma Oficial Mexicana NOM-052-SEMARNAT-1993.
- PROY-NOM-160-SEMARNAT-2011.
- Norma Oficial Mexicana NOM-001-SCT2-2016.
- Norma Oficial Mexicana NOM-002-SCT-2011.
- Norma Oficial Mexicana NOM-003-SCT-2008.
- Norma Oficial Mexicana NOM-004-SCT-2008.
- Norma Oficial Mexicana NOM-005-SCT-2008.
- Norma Oficial Mexicana NOM-006-SCT2-2011.
- Norma Oficial Mexicana NOM-007-SCT2-2010.
- Norma Oficial Mexicana NOM-009-SCT2-2009.
- Norma Oficial Mexicana NOM-010-SCT2-2009.
- Norma Oficial Mexicana NOM-011-SCT2-2012.
- Norma Oficial Mexicana NOM-023-SCT2-2011.
- Norma Oficial Mexicana NOM-027-SCT2-2009.
- Norma Oficial Mexicana NOM-028-SCT2-2010.
- Norma Oficial Mexicana NOM-051-SCT2-2011.
- Norma Oficial Mexicana NOM-017-STPS-2008.
- Norma Oficial Mexicana NOM-018-STPS-2015.
- Formato CPC-SCSIPA-PG-09.
- Formato CPC-SCSIPA-PG-12.
- <https://www.gob.mx/semarnat/acciones-y-programas/tramites-relacionados-al-tema-de-residuos-peligrosos>

RELLENO SANITARIO PARA EL MUNICIPIO DE VALENZUELA

ROBERTO ALEJANDRO ROJAS HOLDEN, Facultad de Ingeniería UNA, rojasholden@gmail.com,
rojas@ing.una.py

RICARDO MENDOZA, Secretaría Nacional de Deportes, rrmendozapy@gmail.com

WUEBER BOGADO, Consultora Vial, wueberbogado@gmail.com

CARLOS ALONSO, Alonso & Asociados, endlessrock09@hotmail.com

Palabras claves: suelo, diseño, plan de gestión ambiental,

1.- ABSTRACT

The negative impact of inadequate final disposal of waste on the environment and on health is becoming more and more evident in our country. The population has become aware of the importance of this problem and has demanded more decisive action from public institutions to solve it.

The alternatives that are being offered to solve this problem start today with a comprehensive management approach and put a lot of emphasis on the sustainability of the solutions within legal instruments. Final disposal of waste adopts particular characteristics in small towns and in rural areas, due to factors such as: the lack of resources, by the almost generalized subsidy of the cleaning service; the absence of information on the negative consequences of landfills; ignorance of joint solutions which reduce implementation and operation costs of manual fillings; the appropriate technology to dispose the waste without incurring into greater costs of investment and operation; and the absence of knowledge about how to deal with the problem of inadequate final disposal of waste.

2.- INTRODUCCIÓN

Es un hecho cada vez más claro en nuestro país el impacto negativo de la inadecuada disposición final de residuos en el ambiente y en la salud. La población ha tomado conciencia de la importancia de este problema y ha demandado una acción más decidida de las instituciones públicas para solucionarlo.

Las alternativas que se vienen ofreciendo para resolver este problema parten hoy de un enfoque de gestión integral y ponen mucho énfasis en la sostenibilidad de las soluciones y enmarcadas dentro de los instrumentos legales. la disposición final de residuos adopta características particulares en localidades pequeñas y en zonas rurales, debido a factores como: la falta de recursos, por el subsidio casi generalizado del servicio de limpieza; la ausencia de información sobre las consecuencias negativas de los vertederos; el desconocimiento de soluciones conjuntas, que reducen costos de implementación y operación de los rellenos manuales; la tecnología apropiada para disponer los residuos sin incurrir en costos mayores de inversión y operación; y la ausencia de conocimiento acerca de cómo enfrentar el problema de la disposición final inadecuada de residuos.

Residuo sólido: Es cualquier producto, materia o sustancia, resultante de la actividad humana o de la naturaleza, que ya no tiene más función para la actividad que lo generó.

Pueden clasificarse de acuerdo a su: **origen** (domiciliar, industrial, comercial, institucional, público), **composición** (materia orgánica, vidrio, metal, papel, plásticos, cenizas, polvos, inerte) y **peligrosidad** (tóxicos, reactivos, corrosivos, radioactivos, inflamables, infecciosos).

3.- OBJETIVOS

Proveer de un sistema de relleno sanitario de manera a mitigar los impactos ambientales negativos. Que el RSM sea aceptado por la comunidad de Valenzuela y sea lo más económico posible para la misma, teniendo presente su sostenibilidad. Reducir el riesgo de incendios y accidentes debido a la acumulación de gases inflamables. Reducir los olores producidos por los residuos orgánicos. Reducir la contaminación debido a la descomposición de la materia orgánica

4.- METODOLOGÍA.

Se describe la zona del proyecto en los aspectos sujetos a impactos, y luego se elabora un Plan de Gestión Ambiental.

Geomorfología: el área es bastante homogénea en términos estructurales. El tipo de suelo es arcilloso. Suelo que es favorable para este tipo de proyecto desde el punto de vista de la impermeabilidad. Este suelo se utilizará como suelo de base del proyecto y además como relleno compactado diariamente sobre los residuos sólidos formando las denominadas celdas diarias.

Relieve: el área está caracterizada por pendientes relativamente variables por lo que el drenaje superficial es bastante bueno y se observa escasa erosión. Siendo la pendiente del terreno natural 3%, presentando características favorables para la implementación del proyecto desde esta perspectiva. **Clima:** sub tropical húmedo, las temperaturas media mínima es de 13,8 ° C y la máxima 33,2° C. Eco región: El proyecto esta ubicado en la eco región de Litoral Central. **Descripción de las características del área de emplazamiento:** La zona se caracteriza por la actividad agrícola ganadera. Cuenca Hidrográfica: la propiedad se encuentra ubicada entre los A° Segovia Paso y A° Paso Pe. Ubicados a 1.000 metros del lugar del emplazamiento del proyecto. - **Tipo de vegetación** (pastizal, arbustivo, arbóreo): Corresponde a la Eco región Litoral Central. Entre las especies arbóreas podemos citar Ybyrapyta, Curupay, mango. - Fauna: Se observan aves como, cardenal, tórtola, calandria para, hornero. - **Asentamientos Humanos:** El casco urbano de la ciudad está a una distancia de 3.000 metros. **Inversión total: 120.000 U\$S. Tecnologías y procesos que se aplicarán:** La excavación se realizará en forma manual, el relleno sanitario también, diariamente contando con las herramientas y el personal apropiado para dichas prácticas. El relleno sanitario es una técnica de disposición final de los residuos sólidos en el suelo que no causa molestia ni peligro para la salud o la seguridad pública; tampoco perjudica el ambiente durante su operación ni después de su clausura. Esta técnica utiliza principios de ingeniería para confinar la basura en un área lo más estrecha posible, cubriéndola con capas de tierra diariamente y compactándola para reducir su volumen. Se contará además con el servicio de recolección domiciliar de residuos con un recolector proveído por la misma municipalidad. Esta alternativa prevé los problemas que puedan causar los líquidos y gases producidos por efecto de la descomposición de la materia orgánica. Figuras 1 y 2:

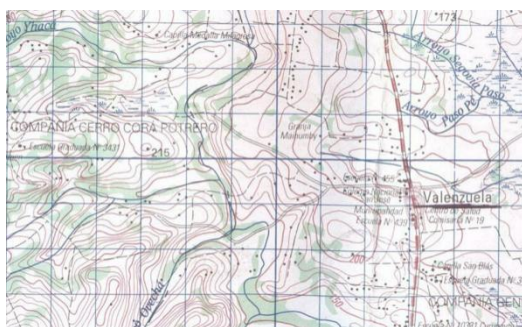


Figura 1: Lugar de emplazamiento del proyecto



Figura 1: Toma de muestra de agua Ao Paso Pé

5.-RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Etap 1: Diseño. En relación con la disposición final de RSM, de tres alternativas de tipos de rellenos sanitarios, a saber (se eligió la tercera debido al número de habitantes $P_o = 6.000$, y a la tasa de crecimiento poblacional del 0,0% de la localidad y al volumen de basura diario generado 0,3kg / habitante día): $P_f = P_o \times (1+0,0)^{20} = 6.000$ hab. (Proyección población a 20 años) $\text{Peso: } 365 \text{ días} \times 6.000 \text{ hab.} \times 0,3 \text{ kg / habit día} = 657.000 \text{ kg. / año.}$ Densidad relleno compactado 450 kg / m³: Volumen anual: $657.000 / 450 = 1.460 \text{ m}^3 / \text{año}$; Volumen para 20 años = $20 \times 1.460 = 29.200 \text{ m}^3$

El Relleno Sanitario Manual, en adelante RSM, es el elegido para esta comunidad, por su practicismo en su ejecución presupuestaria para el volumen y peso de basura diario de aproximadamente 4 m³ / día y 1,8 ton / día, la tecnología disponible en la zona y la población que cubrirá, siendo en este caso el menos oneroso para la misma. El terreno considerado para el RSM cuenta con un nivel freático de 6 metros de profundidad lo cual es apto para el proyecto que consistirá en: trincheras de 3 metros de profundidad con una base de 1,5 metros dejando un talud de pendiente 1: 2 para evitar el desmoronamiento del terreno adyacente y 1 metro entre trinchera y trinchera teniendo en cuenta las características del suelo y esta profundidad, se evitará la contaminación de las aguas subterráneas y superficiales.

El área de emplazamiento del proyecto requiere como mínimo:

16.500 m² para la zona de relleno sanitario propiamente dicho ($29.200 \text{ m}^3 / (3 \text{ m} \times 0,59)$ (coeficiente de aprovechamiento del terreno por el método de trinchera (ver corte de trinchera)= 16.497 m²)

100 m² para depósito, guardia, oficina del encargado y baño del personal

1.500 m² para zona de vivero

11.600 m² para circulación de camiones y vehículos

50.000 m² de zona de amortiguamiento

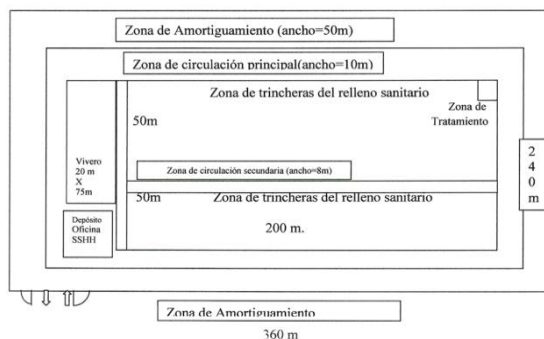
79.700 m² de Área Total mínima del RSM

-Precipitación pluvial en el área del Relleno Sanitario anual es de 1.219 mm (DGEEC-2006) - Escorrentía superficial (60%) - Evapotranspiración. - Humedad natural del RSM, 8 %.- Grado de compactación: relleno débilmente compactado $K = 0,35$ (coef.de compactación) - Capacidad de campo (capacidad del suelo y del RSM para retener humedad: 40%).

Coefficiente de permeabilidad del suelo:

10-5 a 10-7 cm/s (muy baja infiltración); 10-7 cm/s (prácticamente impermeable)

Figura 3: Detalle del proyecto



Se elaboró un Plan de Gestión Ambiental para el proyecto



Diagrama: Plan de Gestión Ambiental

Mitigación de impactos negativos del medio físico

- Se tendrá en cuenta un plan para evitar erosión en los movimientos de suelos, que consistirá en colocar cobertura vegetal (pasto) en taludes.
- Arborización en la zona de amortiguamiento para servir de contención de polvo y de eventuales particular en suspensión como ser pedazos de papel o plástico como además tendrá un efecto paisajístico.
- Dispositivos de drenaje de líquidos provenientes de la descomposición de residuos, que pasaran por una planta de tratamiento de este lixiviado, en una etapa primaria y otra secundaria hasta llegar a límites aceptables de contaminación. Esto además será acompañado de un monitoreo constante para identificar eficiencia del tratamiento.
- Quema controlada de gas metano proveniente de la descomposición de los residuos.

Control de Impactos al hombre

- Plan de seguridad ocupacional, equipos de protección individual (EPI). Educación y capacitación para los trabajadores y la sociedad para mejorar la disposición de los residuos.
- Control de vectores, mediante insecticidas biodegradables.
- Plan de vacunación para los trabajadores.

Tabla de Impactos y Medidas de Mitigación			
Etapas	Impactos	Medidas de Mitigación	Responsable
Construcción			
Movimiento de suelo	Perdida de vegetación	Cobertura vegetal	Supervisor Ambiental
Construcción de accesos			
Excavación para disposición final	Accidentes laborales	Plan de seguridad	Supervisor Ambiental

Tabla de Impactos y medidas de mitigación en la Construcción

Tabla de Impactos y Medidas de Mitigación

Etapas	Impactos	Medidas de Mitigación	Responsable
Operación			
Transporte, descarga y compactación de residuos	Generación de olores, polvo y vectores	Localización basada en el análisis de viento, barreras naturales. Control de vectores	Supervisor Ambiental
	Problemas de salud ocupacional y poblacional	Plan de vacunación y capacitación del personal	Supervisor Ambiental
Drenaje de Líquidos	Deterioro calidad del agua	Dispositivos de encauzamiento y tratamiento	Supervisor Ambiental
Drenaje de Gases	Descomposición de residuos produce metano potencialmente tóxico y explosivo	Dispositivos de conducción y quema controlada	Supervisor Ambiental

Tabla de impactos y mitigación durante la operación

Tabla de Impactos y Medidas de Mitigación

Etapas	Impactos	Medidas de Mitigación	Responsable
Clausura			
Arborización y cobertura vegetal	Aspecto paisajístico y estético. Suelo	Reintegrar efecto estético y funcional plantando árboles y cobertura vegetal (pasto), para evitar erosión.	Supervisor Ambiental

Tabla de impactos y mitigación etapa de clausura

Desarrollar un plan de Emergencia

- Desarrollo de un plan de Respuesta a la Emergencia y entrenamiento de sus empleados en cómo usarlo. Ya que las emergencias son impredecibles, se debe preparar un Plan de Respuesta la Emergencia que refleje las condiciones de su entorno.
- Al desarrollar dicho Plan de Respuesta a la Emergencia, considerar lo siguiente:
- Limite las acciones centralizando las actividades alrededor de la Emergencia.
- El plan debe basarse en un número mínimo de empleados presentes en el relleno sanitario.
- El plan debe estar expuesto y claramente visible para conocimiento de todos.
- El entrenamiento de su personal en la ejecución del plan le asegura un alto grado de éxito en el manejo de emergencias, de manera que entrene, entrene y siga entrenando a su personal.

Obligaciones del supervisor ambiental

- Promover constantemente la seguridad y la higiene.
- Control periódico y monitoreo de los drenajes líquidos y gases.
- Inventario diario de la cantidad de residuos que llegan.
- Capacitación del personal cada 12 meses, sobre riesgos existentes de acuerdo a funciones que desempeña.
- Vigilancia a la salud según establece IPS.
- Manual de equipos.
- Programa de revisión de equipos e instalaciones.
- Simulacro de accidentes
- PAE (Plan de Atención a Emergencias)
- Plan de respuesta ante accidentes de personal.

Obligaciones de los trabajadores

- Estar informado de los riesgos existentes en la planta.
- Participar en la capacitación proporcionada.
- Acceder a la práctica de exámenes médicos.
- Desarrollar las actividades de acuerdo al manual de operaciones.

- Utilizar los equipos de protección individual de acuerdo al trabajo a ejecutar, mantenerlos en condiciones de uso y limpieza e informar al Capataz cuando debe reponerse.
- Seguir las Instrucciones del Supervisor Ambiental o Capataz, para realizar actividades peligrosas.
- Participar en las capacitación de Seguridad e Higiene.

Proyecto de capacitación

Se debe instrumentar bajo el concepto de :

- Decir
- Mostrar
- Indicar
- Corregir
- Supervisar

Plan de Monitoreo

El objetivo del plan es establecer para cada fase del proyecto o actividad:

- Los componentes del medio ambiente que serán objeto de medición y control
- El impacto ambiental asociado
- La ubicación de los puntos de control
- Los parámetros que serán utilizados para caracterizar el estado y evolución de dicho componente
- Los niveles cuantitativos o límites permitidos o comprometidos
- La duración y frecuencia del plan de monitoreo para cada parámetro
- El método o procedimiento de medición de cada parámetro
- El plazo y frecuencia de entrega de los informes del plan de monitoreo a los organismos competentes.
- La indicación del organismo competente que recibirá dicha documentación
- Cualquier otro aspecto relevante

Los componentes a ser controlados:

- Calidad del aire
- Calidad de las aguas subterráneas
- Calidad de las aguas superficiales
- Control del asentamiento del relleno, agrietamiento y erosión de superficies
- Control de los sistemas de drenaje (lixiviados y aguas de lluvia)
- Calidad del efluente (lixiviados)

Frecuencia

- El muestreo y análisis de la calidad de las aguas superficiales se efectuara con la siguiente frecuencia:
- Antes de iniciar la operación: una vez, análisis de todos los parámetros.
- Durante la operación: semestral
- Después del cierre: una vez, análisis de los parámetros de contingencia
- Durante el abandono: anualmente, análisis de los todos los parámetros durante tres años.

Parámetros de control

- PH
- Temperatura
- Aceites y Grasas
- DQO (Demanda Química de Oxígeno)
- Manganeso
- Conductividad
- Nitrógeno Total
- Cloruros
- Sulfatos

Monitoreo del lixiviado

- Los líquidos lixiviados generados por el RSM que tienen su origen en dos fuentes, fundamentalmente el agua de lluvia infiltrada y las internas, liquido propio de los residuos y el generado en los procesos de descomposición de la materia orgánica presente. Ambos pasan a través de los residuos depositados, diluyendo y arrastrando diversos componentes de la basura. El contacto entre la fase liquida enunciada y la sólida compuesta por basura, produce un líquido final que contiene una mezcla de elementos orgánicos e inorgánicos en diferentes formas según la movilidad de cada uno (solución, emulsión, sólidos arrastrados), que deben ser analizados.

Control de Asentamiento del relleno, Agrietamiento y Erosión de Superficies

- Serán controlados en forma visual y a través de evaluaciones topográficas altimétricas cada año.

Sitios de Monitoreo

- Superficie del relleno sanitario.

Frecuencia

- Mensualmente durante la operación y anualmente durante tres años después del cierre.

Parámetros

- Se realizara el monitoreo considerando alturas, pendientes, posibles impactos por erosión y formación de grietas.

Control de los Sistemas de Drenaje (Lixiviados y Aguas de Lluvia)

Metodología

- Las tuberías de drenaje cuentan con cámaras de inspección y control, en forma visual.
- Las canaletas de agua de lluvia serán inspeccionadas en forma visual.

Sitios de Monitoreo

- Tuberías de drenaje para conducción de líquidos percolados y canaletas de drenaje de lluvia.

Frecuencia

- La frecuencia de inspección será:
- Durante la operación : Semanal (control visual)
- Durante el abandono: Mensual y después de lluvias intensas.

Parámetros

- Se monitoreara el estado del sistema de drenaje, inspeccionando tuberías y canaletas en busca de taponamientos y roturas.

6.- CONCLUSIONES

Es importante que en se tenga a la ciudadanía concientizada sobre la limpieza de la comunidad y la importancia de los proyectos asociados de recolección de basura, limpieza de calles y lugares públicos, el reciclaje y la utilización del RSM Piña Porá para tener una comunidad saludable y orgullo p/habitantes. Se accede a la propiedad, por la ruta empedrada Itacurubi-Valenzuela y por un camino vecinal a ser construido.

Una ventaja del relleno sanitario como método de tratamiento de residuos es la posibilidad de recuperación de áreas ambientalmente degradados por explotación de canteras, así como terrenos considerados improductivos o marginales, que se pueden convertir en parques y plazas para el usufructo de la comunidad una vez cumplido con los trabajos de clausura.

El relleno sanitario manual es de baja inversión y mantenimiento, para lo que además debe ser controlado, hacer cumplir los diferentes programas de mitigación de impactos, cumplir con los programas de monitoreo para servir de base indicativa de la eficiencia de los programas de mitigación, contar con un monitoreo de línea de base que sirva para identificar alteraciones en las aguas subterránea y aguas superficiales próximas, para identificar posibles alteraciones del entorno.

7.- REFERENCIAS

(i) Empresas Públicas de ANDES ESP. (2010). Estudio de Impacto Ambiental, Construcción y Operación de Segunda fase de Relleno Sanitario. ANDES, Antioquía.

(ii) Espinoza, G. (2001). Fundamentos de Evaluación de Impacto Ambiental. Banco Interamericano de Desarrollo BID, Centro de Estudios para el Desarrollo, CED. Santiago, Chile.

(iii) Jaramillo, J. (2002). Guía para el Diseño, Construcción y Operación de Rellenos Sanitarios Manuales. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente. Oficinas de la Organización Panamericana de la Salud OPS y de la Organización Mundial de la Salud, OMS. Universidad de Antioquía, Colombia.

(iv) Mendoza R., Bogado W., Rojas R. & Alonso C. (2008). *Relleno Sanitario para el Municipio de Valenzuela*. Dirección General de Postgrado. Universidad Nacional de Asunción.

(v) Norma Paraguaya NP 24 001 80. (2011). Agua Potable. Requisitos Generales. Instituto Nacional de Tecnología, Normalización y Metrología. INTN. Asunción, Paraguay.

(vi) Norma Paraguaya N°186. (1980). Toma de muestras para análisis físico, químico y bacteriológico de las Aguas. INTN. Asunción, Paraguay.

ANÁLISIS COMPARATIVO DE DRENAJE ÁCIDO DE MINA: CASO DOS PRESAS DIFERENTES DE RESIDUOS DE JALES MINEROS MÉXICO

GEORGINA FERNÁNDEZ VILLAGÓMEZ, Posgrado Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México, gfv19@hotmail.com

PEDRO GUADARRAMA GUZMAN, Posgrado Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México, pedrop1406@hotmail.com

FERNANDO B. SALAS URVIOLA, Posgrado Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México, bensalas@gmail.com, bensalas7@hotmail.com

JESÚS FIDEL GONZÁLEZ SÁNCHEZ, Posgrado Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México, jgonzalez.65@alumni.unav.es

LUIS ADRIÁN BARRAZA TORRES, Posgrado Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México, luis.barraza.88@gmail.com

Abstract:

The mine tailings accumulated after the mining of Cerro de Mercado-Durango and La Prieta-Chihuahua, were investigated to determine if they are generating acid mine drainage. For this, it has been demonstrated that the pHs for both mines have similarities in alkaline content. The samples also have minerals that contain CaCO_3 that are neutralizers of the formation of acidity. On the other hand, metals and metalloids were found in the tailings samples from the Cerro de Mercado-Durango mine, arsenic and barium 100% lower than the MPL. Antimony 33.3% surpasses the MPL and 83.3% of chromium is above the MPL. The tailings samples from the La Prieta-Chihuahua mine contain concentrations of: arsenic, antimony and lead are 100% higher than the MPL of each. Likewise, according to the results, 83.3% of barium and cadmium is higher than the MPL of each according to the Mexican norm, for this reason is important to know if exist AMD in both sites.

Palabras Clave: análisis, drenaje ácido, jales.

Introducción:

México es un país con una gran historia y tradición minera, ya que pueblos como los aztecas, los mayas, los zapotecos y los tarascos desarrollaron la minería, así como la metalurgia en pequeña escala; trabajaron minerales metálicos y no metálicos (Secretaría de Economía 2018). La minería ofrece grandes beneficios a la economía del país, pero también es una fuente de contaminación ambiental (Manrique-Ramírez y Rodríguez-Rosales 2015) generando sitios potencialmente peligrosos a lo largo de todo el territorio, que se ubican principalmente en Chihuahua, Michoacán, Zacatecas, Durango, Sonora, Coahuila, Guanajuato, San Luis Potosí, Hidalgo, Sinaloa, Colima y Jalisco (Volke y Velasco 2002); por lo que uno de los grandes retos de la minería mexicana es la sana convivencia con las comunidades y el ambiente (CMM 2017).

La eliminación de residuos y relaves mineros tratados y no tratados representan una amenaza y un riesgo significativo mediante la contaminación de acidez, con alto contenido de sulfatos y metales pesados en aguas subterráneas, aguas superficiales, humedales, suelo, la cadena alimentaria y los animales (Anawar 2013, Plaza et al. 2018). Las partículas finas de relaves en suspensión juegan un papel importante en el transporte de metales potencialmente tóxicos, dado que una vía de exposición son las personas por lo cual puede esparcir en el ambiente en una escala mucho mayor que el transporte de agua, suelo y biota (Khademi et al. 2018).

El drenaje ácido de mina (DAM) es uno de los desafíos ambientales más importantes que enfrenta la industria minera en todo el mundo, porque el agua que se infiltra a través de los minerales de sulfuro metálico, con valores bajos de pH, con alto contenido de metales y metaloides, residuos de las plantas de procesamiento de minerales, filtraciones de presas de relaves se vuelven ácidos y esta solución permite que los metales se transporten en su forma más soluble, lo cual puede alterar la calidad del agua, suelo y la biota (Pabst 2018). Muchos métodos utilizados para remediar DAM tienen una implementación limitada debido al bajo rendimiento, las imprecisiones de diseño, la dificultad para comprender la funcionalidad, los altos costos, el uso de sustancias químicas peligrosas, el agotamiento de los recursos naturales y la generación de más desechos (Moodley 2018).

Aduvire (2006), menciona la presencia de materiales que contienen sulfuros es condición necesaria para la formación de aguas ácidas. Se ha observado que, a mayor contenido de sulfuro mayor es el potencial de formación de aguas ácidas y, en cuanto al tamaño de las partículas clasifica para residuos en presas como uniforme al 100% cuyo tamaño es inferior a 2.0

mm, que reduce la infiltración y la entrada de aire, porque a medida que disminuye el tamaño (aumenta la superficie específica).

Objetivos

El objetivo de la presente investigación es realizar un análisis comparativo de drenaje ácido de mina: caso dos presas diferentes de residuos de jales mineros México, según normativa mexicana.

Metodología

Área de estudio

El yacimiento de Cerro de Mercado se localiza en el centro del estado de Durango, justo en el límite norte de la actual ciudad capital Victoria de Durango. La mineralogía de la mena consiste principalmente de hematita (Fe_2O_3) y magnetita (Fe_3O_4), en menor proporción, junto con la magnetita aparecen como minerales primarios, cristales euhedrales de piroxeno y apatita intercrecidos con la magnetita (Corona-Esquivel et al. 2009).

La zona de estudio de Hidalgo del Parral se sitúa sobre roca ígnea del Terciario y rocas sedimentarias del Cretácico y del Neógeno, por ello se observan estos dos tipos de rocas presentes en la zona. Así mismo, se ubica en la región hidrológica Bravo Conchos (INEGI 2009). Según Barraza (2015), la presa de jales de la mina La Prieta, cuya edad es aproximadamente mayor a 300 años, este tiempo se considera a partir de que la mina empezó con la explotación de vetas de plomo que generalmente contenía considerable cantidad de oro.

Muestreo

El plan de muestreo se realizó de acuerdo a la norma mexicana NMX-AA-132-SCFI (2006), por lo que se recolectaron 27 muestras considerando un área de 16.2 hectáreas que abarca la presa Boleo Estrella de la mina Cerro de Mercado Durango-México. Las muestras se tomaron a una profundidad de 30 cm; los puntos de recolección se referenciaron mediante un posicionador geográfico satelital (GPS); teniendo cuidado de cumplir la cadena de custodia hasta su llegada al Laboratorio de Ingeniería Sanitaria y Ambiental de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México (LISA-FI-UNAM).

Barraza (2015), en concordancia con la Norma Técnica Mexicana, NMX-AA-132-SCFI-2006, estableció un plan de muestreo y las especificaciones técnicas para la obtención y manejo de 18 muestras; posteriormente González (2016) realizó muestreo en 6 puntos más representativos, teniendo en consideración las mismas coordenadas tomadas por Barraza (2015) y en la presente investigación se utilizaron las 6 muestras recolectadas por González (2016).

Metodología

Inicialmente se ejecutó la medición de pH con un potenciómetro digital marca Hanna. Luego se realizó la determinación de potencial de neutralización de acuerdo a la NOM-141-SEMARNAT-2003. Mediante el método turbidimétrico se determinaron el azufre en forma de sulfatos y para la determinación de azufre total se utilizó el método de Dual Range Sulfur Analyzer y Yodimétrico Standard Methods (2003). Posteriormente los metales y metaloides se analizaron por el método de fluorescencia de rayos X utilizando una pistola Nitton XL3t ultra.

Resultados y discusión

Análisis de pH en las muestras de jales

En la figura 1, se visualizan, en forma comparativa las medidas analíticas de potencial de hidrógeno en muestras de jales de las minas de Cerro de Mercado-Durango y La Prieta-Chihuahua. La medida de pH en jales de Durango fluctúa entre 9.0 a 9.2 que se encuentran en el rango de alcalinos, excediendo en promedio un 29% del pH neutro; por otro lado la medida de pH en las muestras de jales de Chihuahua poseen una ligera alcalinidad de 7.5 a 8.5 que excede en promedio un 16% del pH neutral.

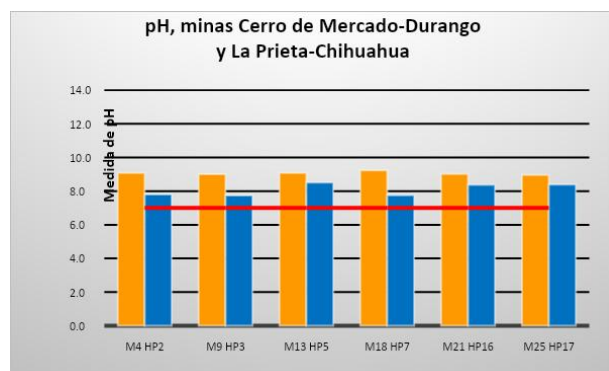


Figura 1. Medida de pH

Potencial de neutralización (PN)

El resultado del análisis comparativo de las medidas de potencial de neutralización en las muestras de jales de las minas de Durango y Chihuahua, demuestran la capacidad de neutralizar la acidez que producen estas muestras en promedio de 80.7 kg CaCO_3/ton y 28.4 kg CaCO_3/ton respectivamente. Figuras 2 y 3.

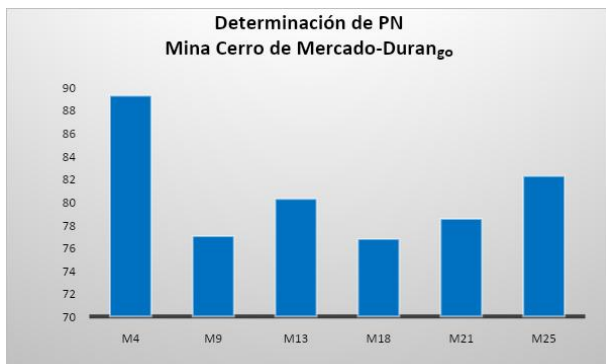


Figura 2. Determinación de potencial de neutralización de las muestras de jales de la mina Cerro de Mercado-Durango.

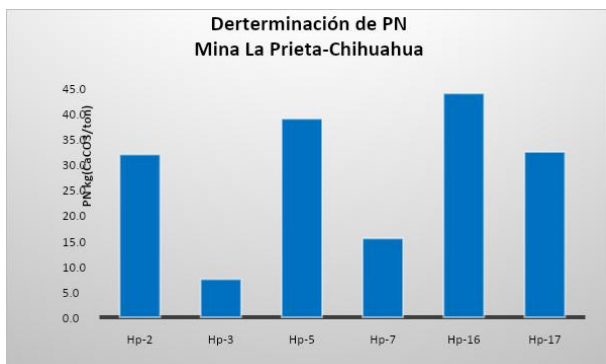


Figura 3. Determinación de potencial de neutralización de las muestras de jales de la mina La Prieta-Chihuahua.

Análisis de potencial de acidez (PA)

El mínimo valor encontrado de azufre en forma de sulfatos en muestras de jales es similar entre ambas minas de Cerro de Mercado-Durango y La Prieta-Chihuahua cuya medición promedio de azufre en forma de sulfatos es de 0.01043056 y 0.01780647 respectivamente.

Respecto al azufre total en las muestras de jales de la mina Cerro de Mercado-Durango fue analizado empleando un equipo LECO S-144 DR Dual Range Sulfur Analyzer, el cual se calibró con el estándar Sulfur 1.09% (+/-) 0.05% Sulfur in Ccall cuyos resultados indican no detectables; así mismo, las muestras de jales de la mina La Prieta-Chihuahua para determinar azufre total, fueron analizados por el método Yodométrico Standard Methods (2003) en Laboratorio LISA-UNAM, cuyos resultados mostraron no detectables. Por lo tanto, utilizando la fórmula: $\%S^{2-} = (\%S_{\text{total}} - \%S_{\text{sulfatos}})$; $PA = \%S^{2-} \times 31.25$, que marca la norma NOM-141-SEMARNAT-2003, no es posible determinar el potencial de acidez en las muestras; se puede decir que las muestras de jales de ambas minas no son generadores de drenaje acido de mina, porque la mina de Cerro de Mercado-Durango cuenta con cantidad necesaria de CaCO_3 para neutralizar la acidez; sin embargo la mina La Prieta-Chihuahua, por poseer un yacimiento de tipo Skarn que contienen minerales de calcita y dolomita contrarresta la formación de acidez.

Análisis de metales y metaloides

La figura 4 resume en forma comparativa las concentraciones de arsénico en el análisis de las muestras de jales de la mina Cerro de Mercado-Durango, elemento que está por debajo de los límites máximos permisibles (LMP) de acuerdo a la norma mexicana. En la mina La Prieta los resultados del análisis del arsénico en las muestras de jales rebasan ampliamente los LMP de dicha norma.

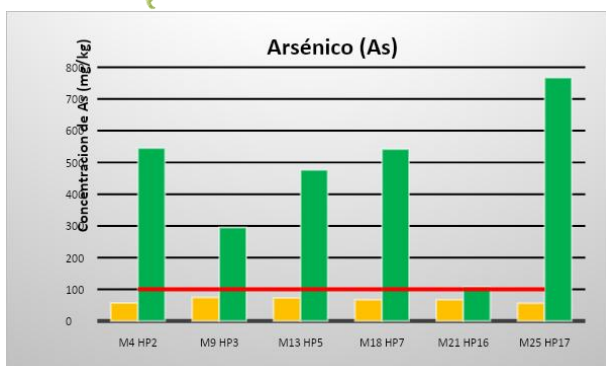


Figura 4. Concentraciones de arsénico en las muestras de jales de las minas Cerro de Mercado-Durango y La Prieta-Chihuahua.

Las concentraciones en las muestras de jales de la mina Cerro de Mercado-Durango, el elemento bario (Ba) posee valores inferiores a los LMP; por el contrario dicho elemento analizado en las muestras de jales de la mina La Prieta-Chihuahua, evidencian valores superiores a los LMP de la norma mexicana. Figura 5.

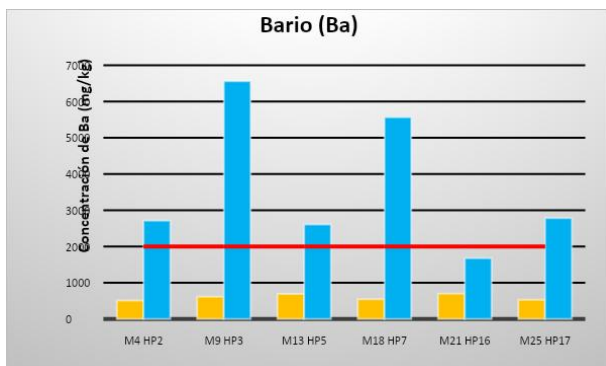


Figura 5. Concentraciones de bario en las muestras de jales de las minas Cerro de Mercado-Durango y La Prieta-Chihuahua.

Por lo que respecta al elemento antimonio, en algunas muestras de jales de la mina Cerro de Mercado-Durango está ligeramente por encima a los LMP y las muestras de jales de la mina La Prieta-Chihuahua describen elevadas concentraciones de Sb que se encuentran por encima de los LMP de la norma mexicana. Figura 6.

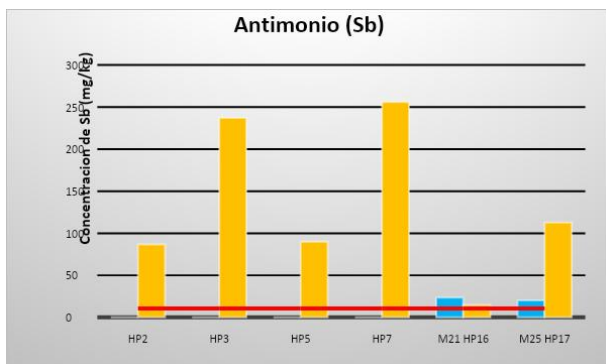


Figura 6. Concentraciones de antimonio en las muestras de jales de las minas Cerro de Mercado-Durango y La Prieta-Chihuahua.

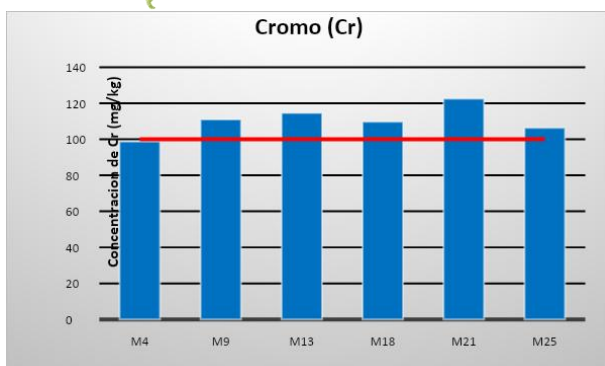


Figura 7. Concentración de cromo en las muestras de jales de la mina Cerro de Mercado-Durango.

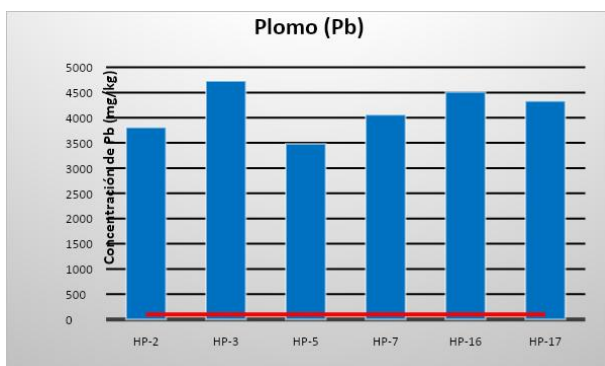


Figura 8. Concentración de plomo en las muestras de jales de la mina La Prieta-Chihuahua.

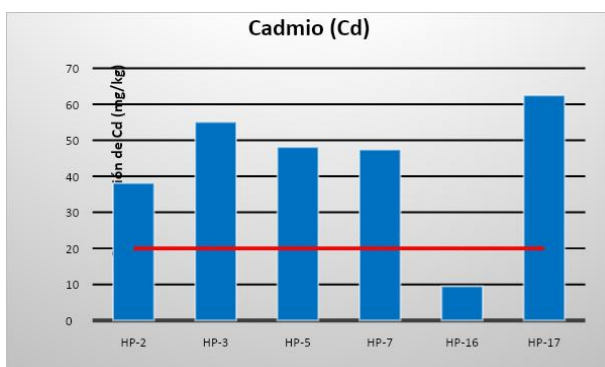


Figura 9. Concentración de cadmio en las muestras de jales de la mina La Prieta-Chihuahua.

En las figuras 7, 8 y 9 se observa que en las muestras de jales de Cerro de Mercado el cromo se encuentra ligeramente superior los LMP; el plomo y cadmio sobrepasan ampliamente los LMP que fluctúan entre 3483.8-4726.7 y 38.1-62.5 mg/kg.

Debido a los resultados de los metales y metaloides que sobrepasan la norma era indispensable realizar la evaluación de los posibles DAM en ambas presas de jales.

Conclusiones

Finalmente se puede concluir que las muestras de jales de la mina Cerro de Mercado-Durango no son generadores de DAM, debido a su alcalinidad y valores suficientes para amortiguar la formación de acidez mediante el CaCO_3 encontrados en las muestras. Por otro lado, las muestras de jales de la mina La Prieta-Chihuahua tampoco son generadores de DAM, en este caso se debe a su yacimiento tipo skarn que contiene minerales (calcita, dolomitas) que neutralizan la formación de acidez y su alcalinidad.

De tal manera que la lixiviación de metales y metaloides a través de los DAM no constituyen un peligro para los cuerpos de agua adyacentes debido a las condiciones geológicas.

Referencias Bibliográficas

- Aduvire O. (2006). *Drenaje ácido de mina generación y tratamiento*. Madrid España: Instituto Geológico y Minero de España Dirección de Recursos Minerales y Geoambiente, p 11-40.
- Anawar, H.Md. (2013). Impact of climate change on acid mine drainage generation and contaminant transport in water ecosystems of semi-arid and arid mining areas. *Phys. Chem. Earth*, 58-60, 13 - 21 DOI: 10.1016/j.pce.2013.04.002.
- Barraza T. Luis A. (2015). *Evaluación de la Contaminación del Suelo por Arsénico, Plomo y Mercurio en la Zona de Presa de Jales de Mina La Prieta en Hidalgo del Parral, Chihuahua*. México: Universidad Nacional Autónoma de México-UNAM. Tesis de grado Maestro en Ingeniería.
- CMM. (2017). *Informe anual 2017*. México, p.62: Cámara Minera de México.
- Corona-Esquivel R., Tapia-Zúñiga C., Henríquez F., Tritlla J., Morales-Isunza A., Levresse G. y Pérez-Flores E. (2009). Geología y mineralización del yacimiento de hierro Cerro de Mercado, Durango. *Geología Económica de México*, 529-535.
- González S. Jesús F. (2016). *Propuestas para el Aprovechamiento de Residuos Metalúrgicos No Ferrosos*. México: Universidad Nacional Autónoma de México-UNAM. Tesis de grado Maestro en Ingeniería.
- INEGI. (2009). *Puntuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos, Hidalgo del Parral, Chihuahua*. México: INEGI 2009.
- Khademi H., Abbaspour A., Martínez-Martínez S., Gabarrón M., Shahrokh V., Faz, A. y Acosta J.A. (2018). Provenance and environmental risk of windblown materials from mine tailing ponds, Murcia, Spain. *Environ. Pollut.*, 241, 432 - 440 DOI: 10.1016/j.envpol.2018.05.084.
- Manrique-Ramírez E.J. y Rodríguez-Rosales M.G. (2015). Validación de la determinación de metales en suelo con equipo portátil de difracción de rayos X. *2º Congreso Nacional AMICA 2015* (págs. 1-6). Ciudad de Progreso Puebla Mexico: AMICA.
- Moodley I., Sheridan C.M., Kappelmeyer U. y Akcil A. (2018). Environmentally sustainable acid mine drainage remediation: Research developments with a focus on waste/by-products. *Miner. Eng.*, 126, 207 - 220 DOI: 10.1016/j.mineng.2017.08.008.
- NMX-AA-132-SCFI. (2006). Muestreo de suelos para la identificación y la cuantificación de metales y metaloides, y manejo de la muestra. *Norma Mexicana*. México: Norma Mexicana, 1-29.
- Pabst T., Bussière B., Aubertin M. y Molson J. (2018). Comparative performance of cover systems to prevent acid mine drainage from pre-oxidized tailings: A numerical hydro-geochemical assessment. *J. Contam. Hydrol.*, 214, 39 - 53 DOI: 10.1016/j.jconhyd.2018.05.006.
- Plaza F., Wen Y. y Liang X. (2018). Acid rock drainage passive remediation using alkaline clay: Hydro-geochemical study and impacts of vegetation and sand on remediation. *Sci. Total Environ.*, 637-638, 1262 - 1278 DOI: 10.1016/j.scitotenv.2018.05.014.
- Secretaría de Economía. (2017). *Manual del Inversionista en el Sector Minero Mexicano*. Coordinación General de Minería Gobierno de la República de México. México: Secretaría de Economía, p-5.
- SEMARNAT. (2003). NOM-141-SEMARNAT-2003. *Que establece el procedimiento para caracterizar los jales, así como las especificaciones y criterios para la caracterización y preparación del sitio, proyecto, construcción, operación y postoperación de presas de jales*. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales-México, Diario Oficial Mexicana, p.30-33
- SEMARNAT-2009. (2009). *NOM-157-SEMARNAT. Que establece los elementos y procedimientos para instrumentar planes de manejo de residuos mineros*. México: Norma Oficial Mexicana.
- Volke T. y Velasco J.A. (2002). Tecnologías de remediación para suelos contaminados. En V. S. J, *Tecnologías de remediación para suelos contaminados* (pág. 22). México: Instituto Nacional de Ecología (INE-SEMARNAT).

UTILIZACIÓN DE ALMACENAMIENTO TÉRMICO EN EL SECADO DE LIXIVIADO DE RELLENO SANITARIO

RODRIGO POBLETE CHÁVEZ, Universidad Católica del Norte, rpobletech@ucn.cl

OSVALDO PAINEMAL, Universidad Católica del Norte, osvaldo.painemal@ucn.cl

Abstract

It was investigated the optimization of the dried process, using a thermal storage systems, of sludge coming from a coagulation/flocculation process of landfill leachate. The thermal storage was constituted of a rock bed, where the air preheated for a solar air heater pass through this system. The runs carried out were solar dried of sludge in the solar drier without thermal storage or with thermal storage and out of the solar drier.

The solar energy accumulated per mass of sludge required to get a stable mass of sludge were 80.1kJ/kg, 240 kJ/kg and 580.5 kJ/kg with thermal storage, without thermal storage and outside of the dryer. The energetic efficiency of the drying process was 38.13% and 16.45% for the process carried out with and without thermal storage. The net heat input to the storage system during the charge stage was 420 W and for the discharged stage 120 W, obtaining a global energy efficiency of the storage system was 0.28. The thermal efficiency of the solar drying with and without thermal storage system, it was 37.8% and 22.2%, respectively.

Introducción

La gran cantidad de lodos producidos por las plantas de tratamiento de aguas es muy elevada y necesita gestionarse adecuadamente (Kacprzak *et al.*, 2017). Los lixiviado de rellenos sanitarios son considerados como un problema asociado a la gestión de residuos y potencialmente son tóxicos y tienen efectos negativos en el medioambiente (Li *et al.*, 2016). En ese contexto, se requieren de procesos complejos para la depuración de estos líquidos, uno de los cuales es la coagulación/floculación. Este proceso permite eliminar partículas pequeñas, ayudando a optimizar tratamientos posteriores, sin embargo genera lodos, lo cuales deben gestionarse para evitar riesgos ecotoxicológicos (Archer *et al.*, 2017). La eliminación de agua de estos lodos es una estrategia que permite un manejo más simple, seguro y económico, facilitando su transporte y almacenamiento, produciendo un sólido denso (Świerczek, Cieřlik y Konieczka, 2018). En los procesos de secado no se producen reacciones químicas, sin embargo aumenta su capacidad calorífica (Niesler y Nadziakiewicz, 2014), la aplicación de secado facilita un subsecuente proceso de incineración. La cinética de secado del lodo depende de la transferencia de masa y de calor entre la interface entre el aire y el lodo (Ali *et al.*, 2016), es altamente demandante de energía y usualmente económicamente costosa, sin embargo puede realizarse de forma eficiente y con muy bajos costos operacionales si se realiza empleando energía solar de forma optimizada (Ali *et al.*, 2016).

Ya que la energía solar solamente es utilizable durante el día y en las horas iluminadas la aplicación de un almacenamiento térmico eficiente permite el uso del exceso del calor colectado durante un periodo de tiempo posterior a la puesta de sol, periodos nublados lluvia, baja radiación solar e incluso en la noche (Al-Abidi *et al.*, 2012). Además del uso de almacenadores de calor para el secado solar en secadores del tipo destilador, la utilización de colectores solares es una estrategia útil, que puede aumentar el rendimiento del secado (Kamble *et al.*, 2013). En un trabajo previo de nuestro grupo de investigación hemos evaluado el secado de lixiviado de rellenos sanitarios mediante destilador, observando que el lodo es satisfactoriamente secado empleando sistemas periféricos al destilador (colector solar, calentador solar de aire y extractor de aire) (Poblete y Painemal, 2018).

El almacenamiento térmico es una forma útil de reducir la diferencia entre la oferta de energía y su demanda y ayuda a mejorar la eficiencia de los sistemas solares. Esta energía puede ser almacenada como calor sensible, calor latente, calor termoquímico o combinación de algunas de estas posibilidades (Bhardwaj *et al.*, 2017).

Objetivos

El objetivo general de este trabajo de investigación fue estudiar el aumento en el rendimiento del secado de lixiviado de relleno sanitario mediante el uso de almacenamiento de calor.

Los objetivos específicos son estudiar la eficiencia energética del secado con y sin almacenamiento térmico, determinar la eficiencia del almacenador de calor y estudiar la eficiencia térmica del secado solar.

Metodología

Se realizó una serie de experimentos para comparar la evolución de la masa del lodo de lixiviado obtenido de un proceso de floculación/coagulación como pretratamiento de un tratamiento fotoFenton. Los experimentos de secado de lodos realizados fueron: a) dentro del secador solar sin almacenamiento térmico; b) dentro del secador solar con almacenamiento térmico y c) fuera del secador solar (expuesto directo al sol). En la Figura 1 se presenta un diagrama esquemático del proceso de secado solar, donde se puede observar que el aire es precalentado antes de entrar al secador, luego de ser precalentado es bombeado al almacenador de calor, el cual consiste en una caja de poliestireno expandido relleno con 60 kg de rocas con forma de esferoide irregular. El aire es impulsado a esta caja por acción de una bomba de aire (55 W) ubicada en el tubo, y por un extractor de aire (18 W) emplazado en la pared posterior del secador solar.

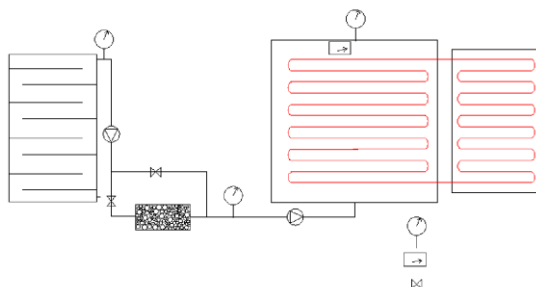


Fig.1. Diagrama esquemático del secador solar y el almacenador de calor

El flujo másico de aire (m_a) fue determinado considerando la velocidad del aire y se obtuvo mediante su temperatura (Enibe, 2003)[19][19] (ver Ecuación 1).

$$\rho = 2.357 - 3,7894 \cdot 10^{-3} \cdot T \text{ (K)} \quad (1)$$

Los equipos utilizados como secador (destilador), colector solar y calentador de aire han sido descritos en una publicación previa de nuestro grupo Poblete y Painemal, (2018). Ya que los experimentos se desarrollaron en distintos días, y por lo tanto, con distintos niveles de radiación solar, para poder comparar la eficiencia de cada experimento fue necesario medir la radiación empleada en cada uno, para lo cual se calculó la energía solar acumulada por unidad de masa (Q_{rad}), utilizando una adaptación de la ecuación de Malato et al., (2009)[20][20] (Ecuación 2):

$$Q_{rad,n} = Q_{rad,n-1} + \Delta t_n \cdot rad_{g,n} \cdot \frac{A_d}{m_l} \quad (2)$$

donde $Q_{rad,n}$ y $Q_{rad,n-1}$ son la energía solar acumulada por masa de lodo (kJ/kg) en los tiempos n y $n-1$, respectivamente; Δt_n es el tiempo de muestreo (s); $rad_{g,n}$ es la radiación solar incidente promedio durante el tiempo Δt_n (W/m^2); A_d es el área iluminada del secador solar (m^2); y m_l es la masa de lodo (kg). Para medir la radiación solar ($rad_{g,n}$, W/m^2) se utilizó un piranómetro (CPM 10, Kipp & Zonen; longitudes de onda 285-2,800 nm y sensibilidad 7 to 14 $\mu V/W/m$) el cual fue instalado con la misma inclinación que la inclinación que el techo del secador (30°) y la misma latitud que la zona del experimento (Coquimbo, Chile).

Para cada experimento de secado se instalaron 300 g de lodos en bandejas de aluminio dentro del secador (para los experimentos a y b) o fuera de el (para el c). Cada experimento fue realizado en triplicado. El proceso de secado se extendió hasta obtener una masa de lodos estable. Se midió la masa del lodo con una balanza de laboratorio, su temperatura, la temperatura de la base o del suelo y del aire (dentro y fuera del secador), empleando un termómetro (HI 98501-1 Hanna; $0.1^\circ C$ precisión); la temperatura dentro del secador solar, y del aire que proviene del calentador de aire y

la temperatura del aire antes ($T_{i,es}$) y después del almacenador de calor ($T_{o,es}$) fue medido por termocopla (109-L34, Campbell Scientific, Inc.; 0.25 °C de precisión); conectada a un datalogger.

Se calculó la eficiencia energética (E_E) del proceso de secado para cada experimento, que relaciona la energía presente en el agua retirada y la energía utilizada por los equipos empleados y la recibida del sol. Para esto se utilizó la ecuación 3:

$$E_E = \frac{m_w \cdot L}{(P + rad \cdot A_d) \cdot t} \quad (3)$$

donde L es el calor latente de evaporación (J/kg); P es la suma de las potencias de los equipos utilizados (W) en el experimento, t es su tiempo de uso (h); rad es la radiación solar promedio (W/m²) y m_w es la masa de agua evaporada del lodo (kg), la cual es calculada mediante la ecuación 4:

$$m_w = \frac{m_i \cdot (M_i - M_f)}{100 - M_f} \quad (4)$$

donde M_i y M_f son la humedad inicial y final del lodo (kg), respectivamente.

También se determinó el calor almacenado instantáneo y neto durante el proceso de carga en el almacenador, utilizando las ecuaciones 5 y 6, respectivamente:

$$\dot{Q}_{ch} = m_a \cdot C_{pa} \cdot (T_{i,TS} - T_{o,TS}) \quad (5)$$

$$Q_{ch} = \int_0^t \dot{Q}_{ch} dt \quad (6)$$

donde m_a es la masa de aire (kg), C_{pa} es su capacidad calorífica (J/(kg°C)), $T_{i,TS}$ y $T_{o,TS}$ son respectivamente las temperaturas del aire en la entrada y en la salida del almacenador (°C). Análogamente, el calor almacenado instantáneo y neto durante el proceso de descarga en el almacenador, se determinó utilizando las ecuaciones 7 y 8, respectivamente:

$$\dot{Q}_{disch} = m_a \cdot C_{pa} \cdot (T_{o,TS} - T_{i,TS}) \quad (7)$$

$$Q_{disch} = \int_0^t \dot{Q}_{disch} dt \quad (8)$$

La eficiencia global energética del proceso de almacenamiento de calor es calculado por la ecuación 9 (Dincer y Rosen, 2011):

$$n_{es,es} = \frac{Q_{disch}}{Q_{ch}} \quad (9)$$

Se determinó la eficiencia térmica del secador, mediante la ecuación 10:

$$E_t = \frac{q_u}{I} = \frac{Q_u}{I \cdot A_c} = \frac{m_a \cdot C_p \cdot \Delta T}{rad_{g,n} \cdot A_d} \quad (10)$$

Resultados y discusión

En la Figura 2 se muestra la evolución de la masa de lodos sometidos a los diferentes tipos de secado. Se observa que los lodos secados dentro del secador consiguen una masa estable más rápido que el secado fuera. También la estabilización se obtuvo más rápido al emplearse el almacenador de calor. La energía solar acumulada por unidad de masa de lodo fue de 80.1kJ/kg, 240 kJ/kg y 580.5 kJ/kg con almacenador de calor, sin el y fuera del almacenador, respectivamente. Este resultado está de acuerdo con lo obtenido por (Lakshmi *et al.*, 2018) quienes observaron un ahorro en el tiempo de secado utilizando estos sistemas solares cerrados.

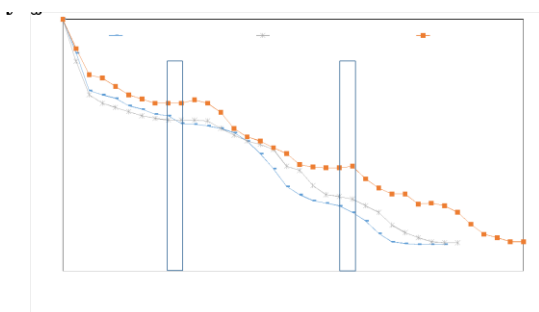


Fig. 2. Evolución de la masa del lodo sometido a procesos de secado

La evolución en la masa del lodo a lo largo del secado del experimento C es pronunciada durante el día, sin embargo en la noche, tal como cabe esperar, se detiene, incluso se observa un aumento en la masa, debido a la humedad ambiental y a un lluvia muy suave. Respecto del Experimento A y B, en la primera parte de las experiencias (desde 0 a 34.6 kJ/kg), la pérdida de masa fue más rápida sin almacenamiento térmico que con el, debido a que toda la energía disponible se transfirió al proceso de secado, (como se puede ver a Figura 1), sin embargo después, cuando llega la noche, la bomba de aire impulsa aire frío y la pérdida de masa se detiene, en cambio, con almacenamiento térmico, en la noche, la reducción de masa continúa, ya que la bomba impulsa aire proveniente del almacenador de calor, que guardó parte de la energía térmica recibida durante las horas de irradiación solar. Similares observaciones fueron realizadas por (Lakshmi *et al.*, 2018), quienes reportaron reducción de humedad durante la noche empleando almacenamiento térmico.

La eficiencia energética del secado, calculada mediante la ecuación 3, fue de un 38.13% y 16.45% para el proceso realizado con y sin almacenamiento térmico. Los resultados obtenidos con el almacenador son mejores que los obtenidos por (Chaouch *et al.*, 2018), quienes consiguieron un E_E de 18.34% y 15.72% en diferentes épocas del año.

En la Figura 3 se presenta el comportamiento de la temperatura del aire antes y después del almacenamiento térmico y de la radiación solar. Se registró una fluctuación en la radiación solar a lo largo del proceso, producto de algunas nubes presentes. Cuando el sol está presente se produce el proceso de carga del almacenador, lo que se evidencia por un aumento de la T° del aire antes del almacenador, también la T° del aire a la salida del almacenador aumenta, pero en menor grado. Sin embargo, cuando la radiación decae (al atardecer) se produce el proceso de descarga del calor almacenado, evidenciado por que la T° del aire después del almacenador es mayor que la de antes del dispositivo (Ver Figura 3), similar a lo reportado por (Lakshmi *et al.*, 2018).

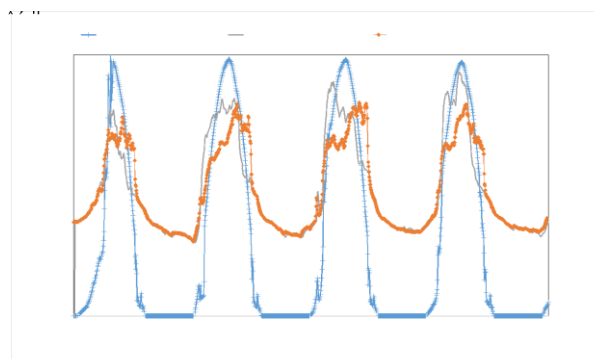


Fig. 3. Evolución de la radiación solar y temperatura del aire antes y después de almacenamiento

Los puntos de intersección de las curvas de la T° del aire indican los momentos cuando comienza la carga y la descarga (Rabha y Muthukumar, 2017). Durante la carga la máxima diferencia de T° del aire fue de 7 °C y durante la descarga fue de 8 °C.

La potencia neta almacenada, que fue calculada con la ecuación 6, y depende directamente de la diferencia de la T° del aire entre la entrada y la salida, obteniéndose una potencia de 420 W, y para la descarga, que fue calculada con la ecuación 8, fue de 120 W, obteniendo una eficiencia energética de almacenamiento de 0.28, obtenida con la 9.

En la Figura 4 se presenta la evolución de la T° del lodo sometido a distintos tipos de secado. La T° del lodo secado fuera del secador fue la que tuvo valores más bajos que el resto, consiguiendo un valor máximo de 29.5°C , para el sistema con almacenamiento la máxima fue de 42.5°C y sin almacenamiento fue de 38.7°C . Esto se debe a que dentro del secador el calor es mantenido más tiempo debido al efecto invernadero producido por las paredes del sistema, observándose que cuando la radiación solar decae el flujo de calor también lo hace, Dina *et al.*, (2015) realizaron observaciones similares.

El lodo secado utilizando almacenamiento térmico presentó temperaturas más altas que el secado fuera, permitiendo las tendencias presentadas en la Figura 2, y posibilitando una reducción en el tiempo de secado (Kant *et al.*, 2016) (Qiu *et al.*, 2016).

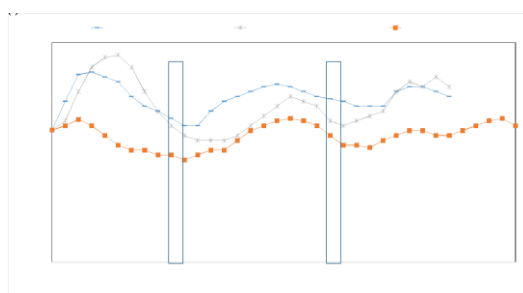


Fig. 4. Evolución de la temperatura del lodo del lodo sometido a procesos de secado

En la Figura 5 se presenta la evolución de la T° de la base del secador y del suelo fuera del el, durante los experimentos, observándose que este parámetro sigue la misma tendencia que la T° del lodo ubicado en la base o en el suelo, respectivamente, similar a lo informado por otros autores (Wang, Zhu y Lu, 2017) y a lo reportado en un trabajo previo de nuestro grupo de investigación, donde se observó una relación directa entre la T° del lodo y la de la base (Poblete y Painemal, 2018).

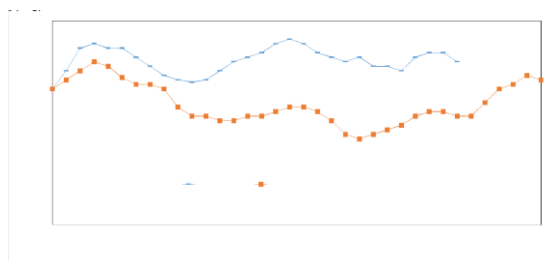


Fig. 5. Evolución de la temperatura de la base durante el secado con y sin almacenamiento

Durante el proceso de secado la temperatura del aire dentro del secador es mucho mayor que fuera (ver Figura 6).

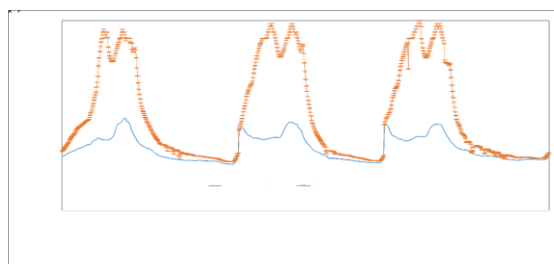


Fig. 6. Evolución de la temperatura del aire dentro y fuera del secador

De acuerdo a la ecuación 10 la eficiencia térmica del secador solar, que es directamente proporcional a la diferencia de temperatura entre la entrada y la salida del secador, 37.8% y 22.2% , con y con almacenamiento térmico, respectivamente. Este resultado está de acuerdo con lo informado por Natarajan *et al.* (2017), quienes obtuvieron similares resultados de eficiencia térmica en el secado de alimento utilizando almacenamiento de calor

Conclusiones

Se evaluó el uso de un almacenador de calor en el proceso de secado solar de lodos de lixiviado de relleno sanitario.

El secado demanda alta cantidad de energía sin embargo la radiación solar es utilizable para estos efectos y puede ser eficientemente aplicada para estos procesos.

El secado de lodos desarrollado dentro del secador solar obtiene una masa estable más rápido que el secado en condiciones de exposición directa al sol, realizada fuera del secador.

La estabilización de la masa del lodo se obtuvo más rápido cuando se utilizó almacenamiento térmico.

La evolución de la masa de los lodos fue variable a lo largo del proceso, y cuando el proceso se desarrolló fuera del secador la reducción de masa se detuvo de noche, observándose un pequeño aumento.

Al utilizar almacenador de calor el secado se prolonga incluso en la noche, aprovechando parte de la energía acumulada de día.

La evolución de la masa tiene una relación directa con la temperatura del aire y la radiación solar.

Cuando la radiación solar decae al atardecer se produce una descarga del almacenador de calor, evidenciado por una temperatura del aire que proviene del almacenador mayor que la que procede del calentador de aire.

La eficiencia térmica del secador solar es aumentada al utilizar almacenamiento térmico.

Referencias bibliográficas

Al-Abidi, A. A. *et al.* (2012) 'Review of thermal energy storage for air conditioning systems', *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. doi: 10.1016/j.rser.2012.05.030.

Ali, I. *et al.* (2016) 'Solar convective drying in thin layers and modeling of municipal waste at three temperatures', *Applied Thermal Engineering*, 108, pp. 41–47. doi: 10.1016/j.applthermaleng.2016.07.098.

Archer, E. *et al.* (2017) 'The fate of pharmaceuticals and personal care products (PPCPs), endocrine disrupting contaminants (EDCs), metabolites and illicit drugs in a WWTW and environmental waters', *Chemosphere*. doi: 10.1016/j.chemosphere.2017.01.101.

Bhardwaj, A. K. *et al.* (2017) 'Experimental investigation of an indirect solar dryer integrated with phase change material for drying valeriana jatamansi (medicinal herb)', *Case Studies in Thermal Engineering*. doi: 10.1016/j.csite.2017.07.009.

Chaouch, W. B. *et al.* (2018) 'Experimental investigation of an active direct and indirect solar dryer with sensible heat storage for camel meat drying in Saharan environment', *Solar Energy*. doi: 10.1016/j.solener.2018.09.037.

Dina, S. F. *et al.* (2015) 'Study on effectiveness of continuous solar dryer integrated with desiccant thermal storage for drying cocoa beans', *Case Studies in Thermal Engineering*. doi: 10.1016/j.csite.2014.11.003.

Dincer, I. and Rosen, M. (2011) *Thermal Energy Storage Systems and Applications*, John Wiley & Sons, Inc. doi: 10.1016/B978-0-08-087872-0.00307-3.

Enibe, S. O. (2003) 'Thermal analysis of a natural circulation solar air heater with phase change material energy storage', *Renewable Energy*. Elsevier, 28(14), pp. 2269–2299.

Kacprzak, M. *et al.* (2017) 'Sewage sludge disposal strategies for sustainable development', *Environmental Research*. doi: 10.1016/j.envres.2017.03.010.

Kamble, A. K. *et al.* (2013) 'Drying of chilli using solar cabinet dryer coupled with gravel bed heat storage system', *Journal of Food Research and Technology*, 1(2), pp. 87–94.

Kant, K. *et al.* (2016) 'Thermal energy storage based solar drying systems: A review', *Innovative Food Science and Emerging Technologies*. doi: 10.1016/j.ifset.2016.01.007.

Lakshmi, D. V. N. *et al.* (2018) 'Drying kinetics and quality analysis of black turmeric (*Curcuma caesia*) drying

in a mixed mode forced convection solar dryer integrated with thermal energy storage', *Renewable Energy*. doi: 10.1016/j.renene.2017.12.053.

Li, J. *et al.* (2016) 'Removal of refractory organics in nanofiltration concentrates of municipal solid waste leachate treatment plants by combined Fenton oxidative-coagulation with photo - Fenton processes', *Chemosphere*. doi: 10.1016/j.chemosphere.2015.12.069.

Malato, S. *et al.* (2009) 'Decontamination and disinfection of water by solar photocatalysis: Recent overview and trends', *Catalysis Today*, 147(1), pp. 1–59. doi: 10.1016/j.cattod.2009.06.018.

Natarajan, K. *et al.* (2017) 'Convective solar drying of *Vitis vinifera* & *Momordica charantia* using thermal storage materials', *Renewable Energy*. Elsevier, 113, pp. 1193–1200.

Poblete, R. and Painemal, O. (2018) 'Solar Drying of Landfill-Leachate Sludge: Differential Results Through the Use of Peripheral Technologies', *Environmental Progress and Sustainable Energy*, (July), pp. 1–9. doi: 10.1002/ep.12951.

Qiu, Y. *et al.* (2016) 'Performance and operation mode analysis of a heat recovery and thermal storage solar-assisted heat pump drying system', *Solar Energy*. doi: 10.1016/j.solener.2016.08.016.

Rabha, D. K. and Muthukumar, P. (2017) 'Performance studies on a forced convection solar dryer integrated with a paraffin wax-based latent heat storage system', *Solar Energy*. Elsevier, 149, pp. 214–226.

Świerczek, L., Cieřlik, B. M. and Konieczka, P. (2018) 'The potential of raw sewage sludge in construction industry – A review', *Journal of Cleaner Production*. doi: 10.1016/j.jclepro.2018.07.188.

Wang, Q., Zhu, J. and Lu, X. (2017) 'Numerical simulation of heat transfer process in solar enhanced natural draft dry cooling tower with radiation model', *Applied Thermal Engineering*. doi: 10.1016/j.applthermaleng.2016.11.155.

ALTERNATIVAS DE GESTIÓN DE RESIDUOS EN LA FACULTAD DE INGENIERIA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE ASUNCION, PARAGUAY.

LUIS MORINIGO, Facultad de Ingeniería U.N.A., lmorinigo94@gmail.com
MAGALÍ ALVARENGA, Facultad de Ingeniería U.N.A., magalvarenga3@gmail.com

PALABRAS CLAVES: gestión, residuos, minimización, segregación.

ABSTRACT

The concentration and growth of population are factors that contribute to increase waste generation; daily and with any activity developed increases the accumulation of waste and consequently more volume must be subjected to treatments that allow the reduction of them. FIUNA is not excluded from this situation, also having a contribution in waste generation; waste continues to be collected without previous separation, resulting in inefficient management of them. The research aims to propose alternatives for waste management of FIUNA according to the current conditions of the institution; through the determination of the degree of knowledge of the educational community in terms of solid waste management, estimating the amount of waste generated per day and determining the most appropriate technique for minimizing solid waste that could be applied. To determine the degree of knowledge of educational community, a survey was conducted divided into sections depending on the role played by the respondents. Regarding the estimation of the waste generated in the FIUNA, the cleaning staff was asked on data to the amount of daily waste, and the necessary calculations were made. To determine the most appropriate minimization technique, a prioritization matrix was used, which took the degree of knowledge of the community into account. In general, there is moderate to high knowledge about the subject studied; a total of 1 576 kg of mixed waste is generated daily, and according to these parameters, the segregation at the source technique is defined as the most appropriate.

1.- INTRODUCCION

La concentración y el crecimiento de la población son factores que contribuyen al incremento de la generación de residuos; diariamente y con cualquier actividad desarrollada aumenta la acumulación de los residuos y en consecuencia, mayor volumen debe ser sometido a tratamientos que permitan la reducción de los mismos (Saez et. al, 2014).

Esta problemática sucede mayormente en núcleos urbanos que se encuentran integrados por comercios, viviendas e instituciones. La Facultad de Ingeniería, de la Universidad Nacional de Asunción (FIUNA), ubicado en el departamento Central, en la ciudad de San Lorenzo, en el campus de la Universidad Nacional de Asunción, no se encuentra ajena a dicha situación.

Actualmente, el proceso de recolección en FIUNA se realiza sin separación previa de desechos, para luego transportar lo recolectado a los vertederos, sin tener en cuenta la posibilidad de reutilización o reciclaje posible.

La falta de gestión de esta manera, impide tomar ventaja de los beneficios económicos, ambientales y energéticos que poseen los desechos ordinarios, y al mismo tiempo acumula volumen que podría ser reducido antes de su disposición final en vertederos (Romero, 2008).

2.-OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

- Proponer alternativas de gestión de residuos de la FIUNA.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Determinar el grado de conocimiento de la comunidad educativa (alumnos, docentes y administrativos) sobre el manejo de residuos sólidos.
- Estimar la cantidad de residuos generados por día en la FIUNA.
- Determinar la técnica más adecuada de minimización de residuos.

3.- METODOLOGIA

3.1 Grado de conocimiento de la comunidad educativa sobre la GRS.

Para la determinación del grado de conocimiento de alumnos, docentes y funcionarios de la FIUNA sobre el manejo de residuos, se aplicó una encuesta cuyas preguntas variaron dependiendo del rol dentro de la comunidad educativa, resultando así dos encuestas; una para estudiantes y otra para docentes y funcionarios.

La encuesta realizada a los alumnos se dividió en tres secciones y la de docentes y funcionarios en dos secciones: la primera sección es de conocimiento relacionado a temas ambientales, aplicada a alumnos, docentes y funcionarios. La segunda sección, que también es aplicada a ambas encuestas, es la de percepción del encuestado respecto al compromiso de su entorno.

Por último, la tercera sección es aplicada solamente a estudiantes y se encuentra relacionada con la actitud referente a la gestión ambiental; las intenciones de los alumnos en participar de actividades relacionadas al manejo de residuos.

3.2 Estimación de la cantidad de residuos generados.

Con referencia a la estimación de los residuos generados en la FIUNA, se procedió a consultar al personal de limpieza el volumen de basura recogida diariamente y sobre la clasificación o no de los mismos.

También se consultó al personal del comedor sobre la cantidad aproximada de restos de alimentos que deben desechar diariamente.

Con la información obtenida, se procedió al cálculo usando la siguiente tabla:

Tabla 1 –Peso específico de residuos

Tipos de residuos	Peso específico (kg/m ³)
Residuos de comida	540
Papel	89
Cartón	50
Plástico	65
Textiles	65
Vidrios	196
Basura mezclada	160

Fuente: Guía Práctica para Desarrollar Planes de Manejo de Residuos Sólidos en las Escuelas para su Reducción, Reutilización o Reciclado.

3.3 Determinación de la técnica de minimización.

Para la elección de un método de minimización de residuos, se utilizó una matriz de priorización y al momento de ponderar se tuvo en cuenta el grado de conocimiento de la comunidad educativa sobre el manejo de residuos.

4.- RESULTADOS Y DISCUSION

4.1 Grado de conocimiento de la comunidad educativa sobre la GRS

Fueron consultados 195 alumnos de las 7 carreras existentes, las respuestas obtenidas se detallan a continuación:

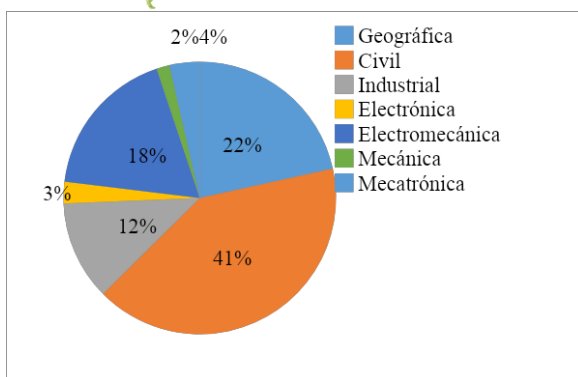


Fig. 1 – Proporción de alumnos encuestados por carrera

Se observa una gran participación de alumnos de la carrera de ingeniería civil, geográfica y electromecánica, y una muy baja participación de las carreras de mecatrónica, electrónica y mecánica. Esto podría deberse a la poca influencia ambiental en sus mallas curriculares, donde se ha encontrado una sola cátedra relacionada al ambiente.

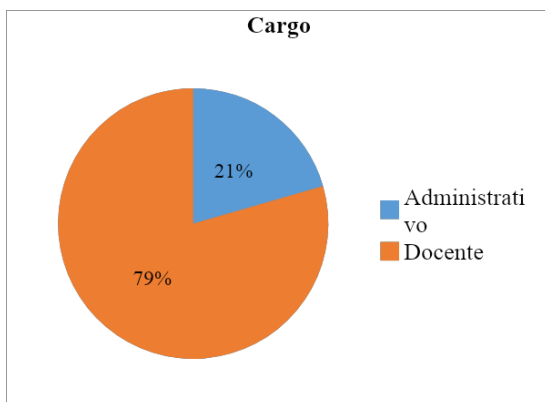


Fig. 2 – Proporción de encuestados por cargo

Hubo mayor participación de docentes con respecto a los funcionarios, pudiendo influir la preparación académica de los mismos.

Sección de conocimiento

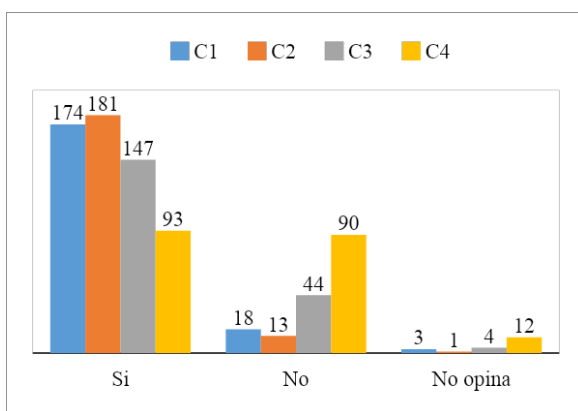


Fig. 3 – Respuestas de Sección Conocimiento - Alumnos.

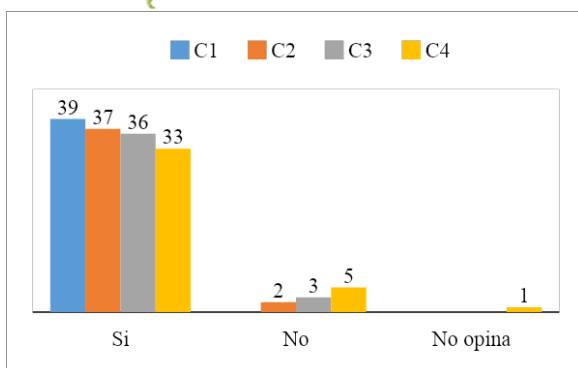


Fig. 4 – Respuestas de Sección Conocimiento - Docentes

Ref: C1- ¿Sabe usted qué son los Residuos Sólidos?, C2- ¿Sabe usted qué es el efecto invernadero y el calentamiento global?, C3- ¿Sabe usted qué es el reciclaje de los residuos sólidos?, C4- ¿Sabe usted qué es la gestión ambiental?

Las respuestas fueron mayormente positivas, lo que implica que la comunidad tiene un conocimiento moderado a alto de temas ambientales, indicando facilidad para la concientización en la problemática.

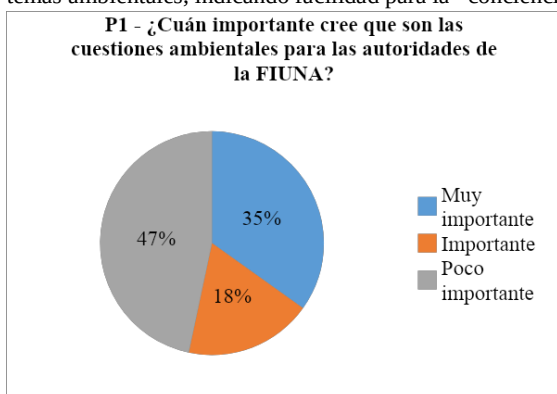


Fig. 5 – Respuestas a pregunta 1 de percepción. Alumnos.

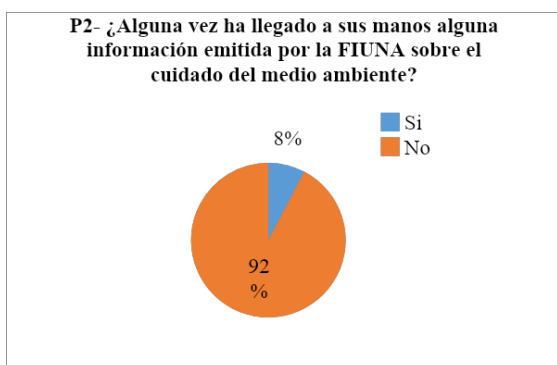


Fig. 6 – Respuestas a pregunta 2 de percepción. Alumnos.

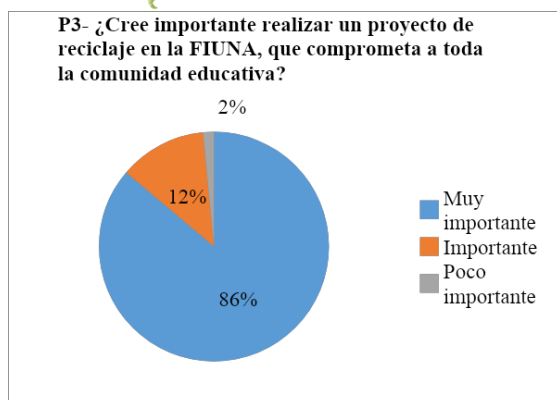


Fig. 7 – Respuestas a pregunta 3 de percepción. Alumnos.

Según la percepción de los alumnos, las autoridades demuestran poco interés hacia la gestión ambiental institucional, ya que no promueven acciones concretas ni busca la modificación de los mecanismos actuales o la participación activa de los estudiantes.

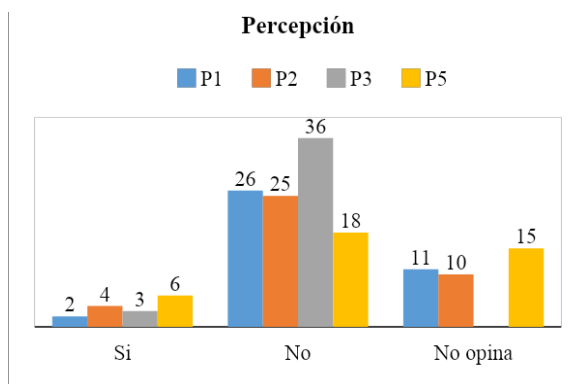


Fig. 8 – Respuestas a la sección percepción. Docentes.

P1- ¿La FIUNA ha implementado un sistema de gestión ambiental?; P2- ¿La FIUNA ha implementado algún sistema de manejo de separación de desechos?; P3- ¿La FIUNA tiene una persona responsable de la gestión de los desechos?; P5- ¿Existe algún programa de educación ambiental en la facultad?; P5.1- ¿Cuál?; P5.2- ¿Por qué cree que la FIUNA no posee un programa de educación ambiental?*

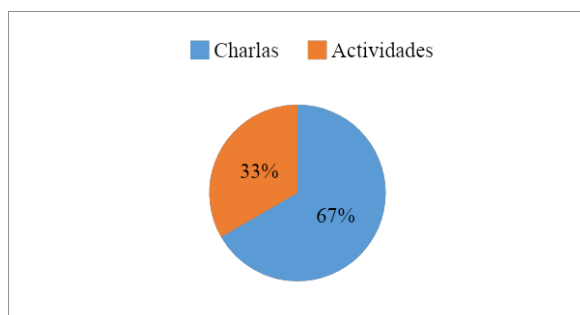


Fig. 9 - *Del total que respondieron Sí.

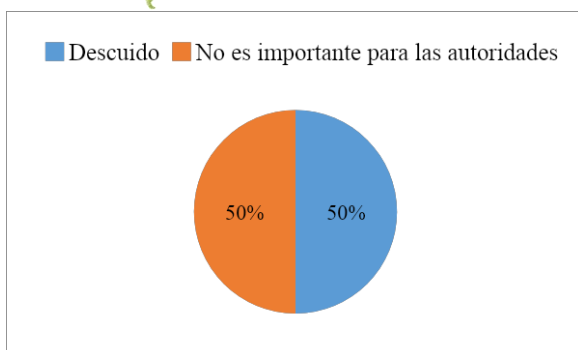


Fig. 10 - **Del total que respondieron No.

Los encuestados perciben que la FIUNA no ha implementado algún sistema de gestión ambiental, ni posee personal encargado de manejar los residuos, esto podría deberse al poco interés de las autoridades sobre la problemática.

Respecto a una falta de programa de educación ambiental en la facultad, existe una incertidumbre en el motivo al cual podría deberse; ya sea a la falta de interés de las autoridades o solo un descuido.

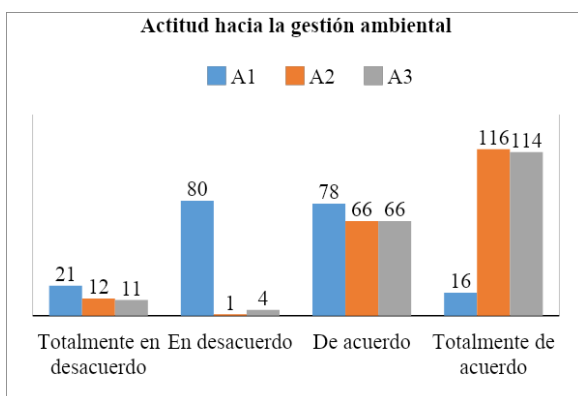


Fig. 11 – Respuestas a la sección de Actitud. Alumnos.

Ref.: A1- ¿A la Facultad le interesa que sus alumnos desarrollen una conciencia ambiental?; A2- ¿La Facultad debería invertir en programas de gestión y control ambiental, como por ejemplo el reciclaje?; A3- ¿Se debería realizar charlas, conferencias y demás, sobre temas medioambientales?

Existe interés del alumnado en participar de actividades relacionadas al mejoramiento del manejo de los residuos en la facultad. Afirman que necesitan más difusión en cuanto a temas ambientales y comentan que se debe invertir más en programas como el reciclaje.

4.2 Cantidad de residuos generados por día en la FIUNA

El personal de limpieza y comedor de la FIUNA, proporcionó la siguiente información en cuanto al volumen de basura generada por día:

En el edificio Cap. Bozzano se retiran 2 bolsas de 200 litros y 3 bolsas de 150 litros, en el comedor se retiran 20 bolsas de 200 litros de basura y en el predio de la facultad se retiran un total de 25 bolsas de 200 litros, lo que da un total de 9 850 litros de producción diaria.

Dicho volumen se encuentra en la clasificación de “basura mezclada”, ya que la FIUNA no cuenta con un sistema de tachos separados por color, lo que genera una gran cantidad de residuos. Utilizando la densidad de 160 kg/m³ se obtiene que diariamente la FIUNA genera un total de 1 576 kg de basura mezclada.

4.3 Técnica más adecuada de minimización de residuos sólidos

A	3	6
B	4	9
C	0	0
D	3	5
E	1	1

Donde:

A: Reciclaje; B: Segregación en la fuente; C: Incineración; D: Compostaje; E: Centros Recolectores.

1: Igual de importante; 2: Más importante; 3: Mucho más importante.

De esta forma, queda definida que la técnica de minimización apropiada para la facultad es la de segregación en la fuente, esto se debe a que la gran cantidad de basura generada es por causa de la inexistencia de tachos separados por tipo, entonces con esta técnica desde la fuente de generación ya se contará con una separación de los residuos.

5.- CONCLUSION

De los encuestados, 76% de estudiantes y 93% de docentes, se ha encontrado que los mismos poseen conocimientos moderados a altos. Así también la mayoría ha señalado que las autoridades no manifiestan predisposición para tratar esta problemática ya que no se ha implementado un sistema de gestión ambiental, además indican interés en involucrarse en actividades relacionadas al manejo de los residuos en la casa de estudios, y afirman que se necesita mayor difusión e inversión en esta área.

Los datos obtenidos indican que la FIUNA produce un total de 1 576 kg diario de basura mezclada debido a que no se cuenta con un sistema de tachos separados por color para los residuos. Dicha cantidad se ajusta a los valores proporcionados por la Secretaría Técnica de Planificación del Desarrollo Económico y Social de la tasa promedio de generación de residuos del país (STP, 2014).

De acuerdo a los parámetros analizados, la técnica de minimización apropiada para la facultad es la de segregación en la fuente, siendo esta técnica la que mejor se adapta a las necesidades de la FIUNA.

6.- REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Torres A. (2008). *Estudio de factibilidad para el manejo de Residuos Sólidos en la Universidad Ricardo Palma*. Tesis de grado, Ingeniería Industrial, Universidad Ricardo Palma, Lima, Perú.

Cortinas M. C. (2012). *Guía Práctica para Desarrollar Planes de Manejo de Residuos Sólidos en las Escuelas para su Reducción, Reutilización o Reciclado*.

<http://www.cdi.salud.gob.mx:8080/BasesCDI/Archivos/Escuelaysalud/manejoRESIDUOSescuelas.pdf>. (visitado el 11 de enero del 2019)

Chiariello M. (2009). *Elaboración e implementación de un plan de gestión integral de residuos sólidos de la Universidad de las Américas*. Tesis de Grado, Ingeniería Ambiental, Universidad de las Américas, Quito, Ecuador.

Saez A. y Urdaneta J. A. (2014) Manejo de residuos sólidos en América Latina y el Caribe. <https://www.redalyc.org/html/737/73737091009/> (visitado el 10 de enero del 2019)

Romero L. G., Salas J. C. and Jiménez J. (2008) Manejo de desechos en universidades. Estudio de caso: Instituto Tecnológico de Costa Rica. http://revistas.tec.ac.cr/index.php/tec_marcha/article/view/182 (visitado el 11 de enero del 2019)

Secretaría Técnica de Planificación del Desarrollo Económico y Social. (2014) Residuos Sólidos.

<http://www.stp.gov.py/pnd/ejes-estrategicos/diagnosticos/residuos-solidos/>
(visitado el 26 de enero del 2019)

BIODIGESTIÓN ACELERADA DE RESIDUOS ORGÁNICOS DEL MERCADO MAYORISTA DEL DMQ USANDO BACTERIAS METANOGÉNICAS

JUAN ANDRES VALDEZ BEDOYA, UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA, andriubas9@gmail.com,
jvaldezb@est.ups.edu.ec

MADISON EDUARDO HERRERA CARRION, UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA,
mherrerac4@est.usp.edu.ec

EVELYN LIZETH MANOBANDA TOAPANTA, UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA,
emanobandat@est.ups.edu.ec

LISSETH MARIANELA CARLOSAMA MEJIA, UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA,
carlosamam@est.ups.edu.ec

1. - KEY WORDS

Organic waste, biogas, methanogenic bacteria and wholesale market.

2. - ABSRACT

The present investigation arose due to the excessive production of organic waste (RO) in the wholesale market of Quito being this 900 (ton) / month. These residues were analyzed by: Characterization, determination of humidity, pH and density, establishing these parameters to find the highest efficiency in the production of bio - inputs such as: biogas, biol and high quality organic fertilizers. Revaluing waste as raw material for other processes. The fundamental part of the research is the production of biogas through biological processes of anaerobic decomposition using methanogenic bacteria prior to the crushing of these residues. With this we seek to reduce the environmental liabilities generated by poor management of urban organic waste.

3. – INTRODUCCIÓN

La búsqueda de alternativas energéticas de origen renovable y la disminución de gases de efecto invernadero (GEI) provenientes de la descomposición de desechos orgánicos hacen del biogás una prometedora alternativa para la sustitución de combustibles fósiles y para la valorización energética de residuos orgánicos en zonas urbanas, rurales y agroindustriales.

Para llevar a cabo la investigación se identificó la problemática ambiental existente en el Mercado Mayorista del Distrito Metropolitano de Quito (DMQ) y en el Relleno Sanitario del Inga ya que se observó que el cubeto 9A está próximo a llenarse por la excesiva producción de basura, debido a que en Quito se produce 754 mil toneladas anuales de basura (EMGIRS – EP, 2017) de las cuales el 60% son residuos orgánicos es decir 452 mil toneladas, por lo que el DMQ gasta USD 12 394 399 para gestionar esta cantidad de basura, sin embargo esta cantidad de residuos orgánicos serían más productivos al ser utilizados para la producción de biogás disminuyendo así el impacto ambiental que éstos generan.

El mercado mayorista produce alrededor de $50 \frac{\text{ton}}{\text{día}}$ de residuos los cuales fueron caracterizados durante un mes, además se realizó encuestas hacia los comerciantes usando la norma mexicana NMX-AA015-1985 para identificar así la composición de los residuos. En las pruebas de laboratorio se analizó las muestras tomadas, para el análisis de humedad y de pH para lograr así las condiciones ambientales más efectivas para producción del biogás, previo a colocar los residuos orgánicos, se realizó la relación C/N =30 y éstos fueron triturados para así aumentar el área superficial.

4. – OBJETIVOS

Objetivo General

Producir biogás a base de los residuos orgánicos del Mercado Mayorista por medio de la descomposición acelerada y biodigestión mediante microorganismos metanogénicos.

Objetivos Específicos

Reducir pasivos ambientales, alimañas – roedores y producción de gases de efecto invernadero producto de la incorrecta gestión de los residuos orgánicos.

Alargar el tiempo de vida útil de los rellenos sanitarios y a su vez reducir el gasto público de las empresas públicas de gestión de residuos sólidos desde: transporte – tratamiento – disposición final.

Mejorar la calidad de vida de los comerciantes del Mercado Mayorista y personas aledañas.

5. – METODOLOGÍA

Iniciamos identificando la problemática ambiental dentro del Mercado Mayorista del DMQ y en el Relleno Sanitario del Inga. En el mercado realizamos encuestas a los comerciantes; en la cual tuvimos tres ejes: personales, técnicas y validación de la propuesta, donde obtuvimos que: un 90% desconoce del problema de la basura, un 80% desconoce de los impactos ambientales derivados de la basura, un 95% desconoce que de los residuos orgánicos se puede producir energía térmica/eléctrica, el 100% conoce que se puede producir tanto: abonos y bioles a base de R.O y el 100% apoya la idea de separar y disponer correctamente la basura si ellos reciben un incentivo a cambio.

En el Relleno Sanitario observamos que el cubeto 9B está próximo a llenarse por la excesiva producción de basura, debido a que en Quito se produjo 709 toneladas de basura (EMGIRS – EP, 2016) de las cuales el 60% son residuos orgánicos es decir 425 toneladas, por lo cual el DMQ gastó USD 12 394 399 solo para gestionar su basura y el impacto ambiental derivado de este. Se predice que para 2025 se duplicará la cantidad de basura.

En segundo lugar se realizó una caracterización de los residuos orgánicos del Mercado Mayorista durante todo el mes de julio de 2018; se utilizó la norma mexicana NMX-AA015-1985 para identificar la composición de los residuos. Los resultados fueron: 50 % verduras, 20% legumbres, 20% cáscaras y 10% frutas

Se aisló los m/o metanogénicos utilizando: suelo de páramo, rumen de vaca y agua de pantano, almacenando todo en un medio anaerobio y con un tiempo de retención de un mes.

En las pruebas de laboratorio analizamos las muestras tomadas, tanto humedad, seguido de ello se puso los residuos orgánicos triturados. Para determinar la producción teórica de biogás se utilizó las relaciones obtenidas por: Colomer F. y Gallardo A. de la Universidad de Valencia (2010)

6. – RESULTADOS Y DISCUSIÓN

POTENCIAL HIDRÓGENO (pH)

El pH se midió usando papel tornasol, se lo introdujo en el envase con alrededor de un mililitro de biol que lo obteníamos de la llave inferior de nuestro biodigestor. Los valores que nos arrojó durante los 30 días de muestra son adjuntados en la tabla posterior:

tiempo (días)	pH
03/12/2018	7.2
04/12/2018	7.2
05/12/2018	7.2
06/12/2018	7
07/12/2018	7
08/12/2018	7

09/12/2018	7
10/12/2018	7
11/12/2018	7
12/12/2018	7.2
13/12/2018	7.2
14/12/2018	7.3
15/12/2018	7.3
16/12/2018	7.4
17/12/2018	7.5
18/12/2018	7.5
19/12/2018	7.5
20/12/2018	7.5
21/12/2018	7.5
22/12/2018	7.3
23/12/2018	7.3
26/12/2018	7.3
27/12/2018	7.3
28/12/2018	7.4
29/12/2018	7.2
02/01/2019	7.1
03/01/2019	7
04/01/2019	7
05/01/2019	7
06/01/2019	7
PROMEDIO	7

Tabla 1. Potencial de hidrógeno

La variación de pH oscilo entre 7 (neutro) y llego hasta los 7.5. El valor promedio de pH fue de 7. Estos valores neutros o ligeramente neutros nos indican que el proceso de digestión se estuvo dando en el biodigestor y no se acidifico. Se pude

notar que el biogás se encuentra dentro de las condiciones óptimas de pH por lo que el crecimiento de las bacterias metanogénicas (Borzacconi, 2016).

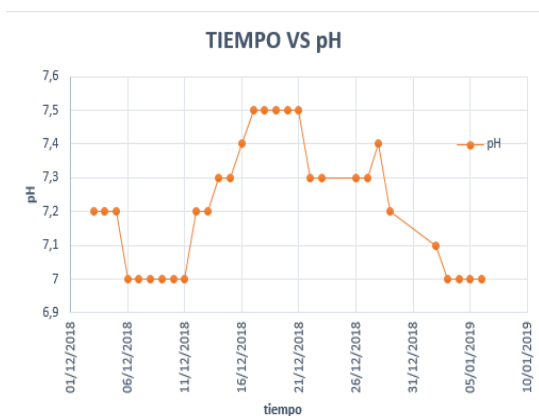


Figura 1 : Tiempo Vs. pH

TEMPERATURA

Usando un termómetro comercial se midió la temperatura durante 30 días, el termómetro se introdujo por las llaves superiores de alimentación del biodigestor dejándolo durante 3 minutos, los resultados se expresan a continuación:

tiempo (días)	temperatura(°C)
03/12/2018	12
04/12/2018	12.7
05/12/2018	13.2
06/12/2018	15.3
07/12/2018	16
08/12/2018	16.4
09/12/2018	16.7
10/12/2018	16.9
11/12/2018	17.1
12/12/2018	17
13/12/2018	17.5
14/12/2018	18

15/12/2018	18.5
16/12/2018	18.9
17/12/2018	19.5
18/12/2018	20.3
19/12/2018	20.7
20/12/2018	22.2
21/12/2018	23.7
22/12/2018	23.5
23/12/2018	23.6
26/12/2018	19.9
27/12/2018	20
28/12/2018	17.7
29/12/2018	17.7
02/01/2019	17.7
03/01/2019	17.8
04/01/2019	17.8
05/01/2019	17.8
06/01/2019	15.7
promedio	16.6

Tabla 2. Temperatura

La variación de temperatura oscilo entre 12 grados centígrados al inicio del proceso y fue ascendiendo hasta los 23.7 grados centígrados. El valor promedio es de 16.6 grados centígrados en el interior del biodigestor.

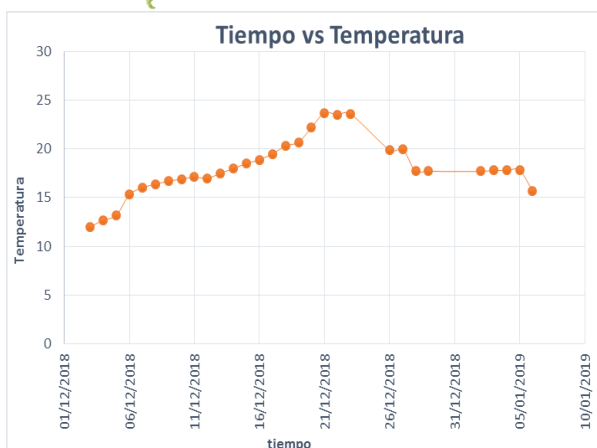


Figura 2: Tiempo Vs. Temperatura

CANTIDAD DE RESIDUOS

Se utilizó la siguiente cantidad de residuos orgánicos:

Composición	Peso (Kg)
Frutas	7
Cascaras de Papas	3
Verduras	5
Legumbres	5
Total	20

Tabla 3. Cantidad de residuos

Guillen (2011, p.53) menciona que la cantidad de residuos orgánicos establecida para un biodigestor de 40 litros es: frutas 7 kg, cascara de papas 3 Kg, vegetales 5 Kg y verduras 5 kg, es por esto que hemos tomado esta referencia para realizar nuestros cálculos en tanto a la cantidad de residuos orgánicos para la producción de biogás.

PRODUCCION TEORICA DE BIOGAS

Colomer F. y Gallardo A. mencionan que el potencial teórico de producción de biogás de 1 tonelada de residuo es 320 m³ de biogás, al tener una carga de 20 Kg de residuos y 5 Kg de estiércoles obtenemos la producción de biogás a continuación:

$$20 \text{ kg RO} + 5 \text{ kg estiercol} = 25 \text{ Kg de materia organica biodegradable(MOB)}$$

$$25 \text{ kg de MOB} \times \frac{1 \text{ Tn}}{1000 \text{ kg}} = 0.025 \text{ Tn MOB}$$

$$\frac{320 \text{ m}^3 \text{ biogás}}{1 \text{ Tn de MOB}} \times 0.025 \text{ Tn MOB} = 8 \text{ m}^3 \text{ Biogás}$$

8m³ De biogás es la cantidad producida por nuestro biodigestor con los parámetros antes mencionados.

Se analizó la factibilidad de la gestión de los residuos orgánicos a pequeña escala (25 kg de MOB), el tiempo de generación de biogás fue de 2 meses, al ver el potencial de producción de biogás la meta futura es buscar el financiamiento para la gestión de 18 toneladas de residuos para la producción de energía eléctrica, para ello se necesita la inversión de 16000 dólares que incluye la fabricación de biodigestor a gran escala, generador y transformador.

Nuestra investigación abrió un tema de tesis que incluye un sistema de calentamiento solar el cual permita aumentar la velocidad de reacción y acelerará el proceso de producción de biogás. Esta tesis presentara resultados el próximo año ya que se la divide en 3 etapas:

- Establecer la relación carbono/nitrógeno (1/30) mediante muestreo, caracterización y análisis en laboratorio.
- Diseño de biodigestor con sistemas de calentadores solares.
- Producción de biogás.

Nosotros trabajaremos este tema de tesis junto a Ing. Ximena Borja docente de la carrera de Ingeniería Ambiental gracias al apoyo de la Universidad Politécnica Salesiana.

Para el cálculo del costo de generación de un metro cubico de biogás en nuestro proyecto se usó la variable de fabricación del actual biodigestor piloto siendo esta una inversión de 50 dólares, junto al valor de movilización de los residuos y materias afines se calcula unos 10 dólares adicionales, dando un total de 60 dólares para la obtención de 8 metros cúbicos es decir aproximadamente 7,5 dólares por metro cubico de biogás producido. Debido a que el proyecto se enfoca en tratar los residuos orgánicos en la fuente y que la generación de materia prima es excesiva se determinó que el proyecto es viable.

7. – CONCLUSIONES

El pH es un factor muy importante que influye en la obtención del biogás ya que si el medio se vuelve muy ácido se generará problemas en la descomposición puesto que las bacterias metanogénicas sino están en un medio adecuado no realizaran su función, en nuestro biodigestor el valor promedio de pH fue de 7.

La temperatura también es un factor determinante en la producción de biogás debido a que en buenas condiciones de temperatura las bacterias metanogénicas se desarrollan de mejor manera, en nuestro biodigestor la temperatura promedio fue de 16.6 grados centígrados.

En este proyecto la producción de biogás se encuentra en función de la cantidad y el tipo de residuos orgánicos dispuestos en el biodigestor y se puede concluir que la cantidad de residuos dispuestos es importante al momento de la generación del biogás ya que con la descomposición, la trituración y con la ayuda de microorganismos estos se degradan fácilmente.

8. – REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bragachini, I. A. (2010). Proyecto INTA PRECOP. 5. Obtenido de El Biogás: <https://www.google.com.ec/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwjwLP5roTgAhUwWN8KHQLwAVgQFjAAegQICRAC&url=http%3A%2F%2Fwww.cosechaypostcosecha.org%2Fdata%2Farticulos%2Fagoindustrializacion%2FEI%2FBiogas.pdf&usg=AOvVaw1hT4VDLn9P>

Corona, I. (12 de 2007). *Biodigestores*. Obtenido de <http://dgsa.uaeh.edu.mx:8080/bibliotecadigital/handle/231104/362>

FAO. (2011). *Manual de Biogas*. Obtenido de <http://www.fao.org/docrep/019/as400s/as400s.pdf>

Guerrero, O. (2017). Evaluación del potencial de producción de biogás a partir de residuos . 32. Obtenido de http://repository.icesi.edu.co/biblioteca_digital/bitstream/10906/82464/1/TG01758.pdf

Huerga, B. V. (2014). BIODIGESTORES DE PEQUEÑA ESCALA. 54-56. Obtenido de <http://www.produccion-animal.com.ar/Biodigestores/26-Biodigestor-Familiar.pdf>

Reyes, E. (2016). Producción de biogás. *Revista Científica de FAREM-Esteli. Medio ambiente, tecnología y desarrollo humano*, 11. Obtenido de https://www.google.com.ec/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwiiyvKV_pHgAhWjiOAKHXp7BwkQFjAAegQICRAC&url=https%3A%2F%2Fwww.lamjol.info%2Findex.php%2FFAREM%2Farticle%2Fdownload%2F2610%2F2360%2F&usg=AOvVaw12rhOTDAwB93n5n0m_hOf

Salamanca, J. (11 de 2009). *Diseño, Construcción y Puesta en Marcha de un Biodigestor a Escala Piloto para la Generación de Biogás y Fertilizante Orgánico*. Obtenido de <http://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/740/1/94246.pdf>

Zusammenarbeit, D. G. (2008). Guía sobre el biogás. *Cooperación técnica para el desarrollo sostenible en todo el mundo*, 40-42.

A ATUAÇÃO DO TRABALHO SOCIAL NA EDUCAÇÃO COMUNITÁRIA EM OBRA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO EM FORTALEZA-CE.

Autor: Flávia Cristina da Silva Sousa Taleires Companhia de Água e Esgoto do Ceará Rua Lauro Vierira Chaves,nº1030, Fortaleza-ce flavia.taleires@cagece.com.br

Autor: Alisson Carlos Melo Oliveira.Companhia de Água e Esgoto do Ceará.Rua Lauro Vierira Chaves,nº1030, Fortaleza-ce.alisson.melo@cagece.com.br

Abstract: The present study deals with the evaluation of the social work developed by the team of the State Company of Sanitation of Ceará, addressing subjects related to environmental and sanitary education of the population assisted by the sanitary sewage works of the CD 1 basin in Fortaleza-Ce. shows important from the point of view of community organization when addressing important issues for social interaction such as: Sanitation, Waste Management and Community Organization. In the evaluation of the study, it was noticed that the development of the social work developed in the study area considered the most relevant problems visualized through field visits and environmental workshops. Thus, it is concluded that actions of this nature are very important for the change of habits, even though there is resistance from the population, and that the partnership between public agencies is very relevant for the promotion of social improvement.

Palavras chave:saneamento;resíduos;educação comunitária

INTRODUÇÃO

A avaliação institucional e de políticas públicas tem se tornado um instrumento fundamental e imprescindível no processo de formulação e aperfeiçoamento das ações do Estado no campo das políticas sociais. O saneamento constitui-se de um conjunto de ações que visam proporcionar níveis crescentes de salubridade ambiental em determinado espaço geográfico, em benefício da população que habita este espaço. Essas ações, se adequadamente implementadas, podem produzir uma série de efeitos positivos sobre o bem-estar e a saúde da população beneficiada. Porém, mais do que isto, o saneamento ambiental adequado é considerado parte constituinte do modo moderno de viver e um dos direitos fundamentais dos cidadãos.

Estudos da Organização das Nações Unidas apontam para um cenário preocupante sobre o número de pessoas sem acesso aos serviços de saneamento básico e as consequências sobre as condições de saúde desta população. Estima-se que 780 milhões de pessoas no mundo não tem acesso à água potável e 2,5 bilhões de serviços de esgotamento sanitário (ONU,2014.) Na América Latina e no Caribe são 35 milhões de pessoas

sem acesso a fontes de água potável e cerca de 100 milhões sem esgotamento sanitário

No sentido de criar um ambiente com condições saudáveis, Saneamento Ambiental “é o conjunto de ações socioeconômicas que tem por objetivo alcançar salubridade ambiental, por meio de abastecimento de água potável, coleta e disposição sanitária de resíduos.sólidos, líquidos e gasosos, promoção da disciplina sanitária de uso do solo, drenagem urbana, controle de doenças transmissíveis e demais serviços e obras especializadas com a finalidade de proteger e melhorar as condições de vida urbana e rural” (FUNASA, 2004).

A participação da sociedade civil na gestão pública introduz uma mudança qualitativa na medida em que incorpora outros níveis de poder além do Estado. Quando se fala de “participação dos cidadãos”, deve-se enfatizar que se trata de uma forma de intervenção na vida pública com motivação social concreta, centrada no fortalecimento do espaço público e na abertura da gestão pública à participação da sociedade civil na elaboração de suas políticas públicas. A consolidação de propostas participativas representa a potencialização e a ampliação de práticas comunitárias, através da mobilização de pessoas que multiplicam atividades em prol do reconhecimento de direitos e estimulam estratégias de envolvimento e corresponsabilização (Jacobi, 2002).

Destarte, trabalhos que estimulem a participação comunitária em temas de interesse da sociedade são de grande valia para a formação de cidadãos mais engajados e conscientes de seu papel social.

OBJETIVOS

Objetivo geral: Identificar como o trabalho social em obras de saneamento básico contribui para a sensibilização da comunidade a respeito de temas ambientais .

Objetivos específicos:1- Apontar as principais ações do trabalho social em obras de esgotamento sanitário;2-Demonstrar resultados de ações efetivas junto a comunidade assistida pelo projeto;3- Apontar pontos positivos de ações de parceria entre órgão públicos com vistas à melhoria da qualidade de vida da população

METODOLOGIA

A metodologia aplicada nesse estudo é pautada na análise qualitativa dos resultados obtidos no trabalho social de acompanhamento das obras de esgotamento sanitário na bacia denominada de CD-1 em Fortaleza- Ceará.

Tendo em vista a melhoria na qualidade de vida da população beneficiária, a sustentabilidade do empreendimento e a participação popular no controle social da obra, foram planejadas ações, em parceria com a comunidade e instituições públicas com base nas demandas e vulnerabilidades da população assistida. Todas essas ações foram pautadas nos eixos de Educação Sanitária e Ambiental, bem como na Mobilização e Organização Comunitária.

Nesse cenário, o trabalho social estabelece papel fundamental na criação de mecanismos que viabilizem a participação e a organização dos beneficiários, atuando como canal de interlocução entre todos os participantes,

sendo contextualizado na perspectiva de estabelecer que cada agente participativo possa ser também agente de transformação pessoal e social, exigindo uma sensibilidade dos profissionais envolvidos no processo, facilitando a compreensão dos conteúdos apresentados, desenvolvendo nos beneficiários atitudes críticas e propositivas, voltadas para a coletividade.

RESULTADO E DISCUSSÃO

O trabalho social desenvolvido atua em diversos momentos da obra. Seja na sua face preliminar, onde foram feitas incursões para avaliação do cenário social encontrado antes da implementação da obra, que servirá de base para o

desenvolvimento do projeto pautado nas questões como Educação Sanitária e Ambiental, bem como na Mobilização e Organização Comunitária. Nesse momento, a equipe envolvida procura identificar as vulnerabilidades encontradas e associar a ações que serão desenvolvidas com fins de promover uma mudança após a implementação da obra. Nessas incursões são aplicados questionários e desenvolvidos relatórios que irão apontar para o cenário social atual e onde devem ser realizadas as ações mais significativas.

Assim, considerando os aspectos sociais e ambientais, desenvolve-se um projeto que deve atuar na comunidade envolvida durante todo o período da obra. Dessa forma, a população será assistida pelo trabalho social em 3 etapas, das quais uma acontecerá antes da obra, a segunda período durante a obra e a terceira etapa conta com ações após a conclusão da obra.

O estudo em questão, aponta resultados visualizados no período durante a obra. Contudo, vale frisar que no período que antecede a obra, são realizadas oficinas com a comunidade onde são identificados os principais aspectos a serem trabalhados durante todo o período de obra. Nessa etapa, no caso em questão, pode-se notar, por meio da participação popular e do diagnóstico realizado pela equipe social que as demandas da comunidade estavam em:

- Falta de esgotamento sanitário;
- Acúmulo de lixo nas ruas
- Falta de segurança
- Falta de pavimentação regular

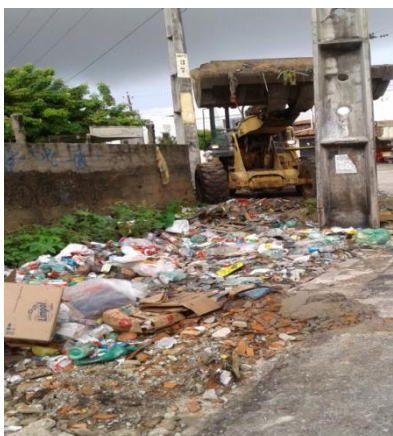
Diante das demandas apontadas, foram traçadas ações de envolvimento junto a comunidade, em parceria com órgão públicos que pudessem contribuir para promoção do conhecimento a cerca do tema trabalhado, bem como para que a comunidade identificasse seu papel como agente modificador e participativo na questão abordada, que no estudo tratou apenas do acúmulo de resíduos nas ruas.

Para tratar a questão dos resíduos na rua, foi programada uma ação de mapeamento dos catadores de resíduos sólidos que atuavam na área. Esta ação tinha o objetivo de identificar os catadores, mapear sua área de atuação dentro do espaço onde estava sendo realizada a obra e traçar um perfil socioeconômico de forma a identificar quais atividades poderiam ser realizadas junto a este público, atuando dentro do eixo educação sanitária e ambiental.

Outra ação que tratou de forma direta a questão dos resíduos sólidos foi a semana de saneamento. Esta é considerada uma ação de grande impacto na comunidade,

uma vez que há o envolvimento da comunidade escolar. Nessa ação são trabalhados todos os eixos de atuação, por meio de diversas atividades que envolvem gincanas, concurso de redação, apresentações culturais, teatro de fantoches e campanhas ambientais, que nesse caso, foi voltado ao manejo dos resíduos sólidos.

Dessa forma, em abril de 2016 foi realizada a campanha “Saneamento é Saúde” onde a equipe social com o objetivo de sensibilizar a comunidade a respeito do acúmulo de resíduos sólidos na rua, promoveu ações de limpeza, palestras educativas e plantação de mudas nativas, em parceria com o órgão ambiental da Prefeitura Municipal. Com essa ação, foram coletados cerca de 50 toneladas de resíduos(Figura 1) que se acumulavam nas ruas, impactando no bem – estar da população.



Paralela a esta ação de coleta, foi realizado um momento com os membros do Comitê de Acompanhamento Sócio-

Ambiental- CASA, onde tiveram a oportunidade de plantar mudas de árvores nativas ofertadas pela Secretaria de meio ambiente da Prefeitura de Fortaleza(Figura 2)



O CASA tem uma função importante no desenvolvimento do trabalho social, pois são representantes da comunidade que, de forma voluntária, se envolvem no projeto desde as

primeiras reuniões e passam por capacitações com o fim de desenvolver capacidades de atuar dentro da comunidade, propagando conhecimento e dirimindo ruídos gerados pelo impacto da obra de saneamento.

Nessa mesma ação, foram realizadas palestras educativas (figura 3) com os seguintes temas:

- Educação Ambiental
- Lixo e Queimadas
- Saúde Ambiental e bem-estar animal



Todos estes temas têm impacto direto com os resíduos dispostos na rua, atuando diretamente em fatores que constantemente levam ao adoecimento das pessoas, sobretudo das crianças, como por exemplo a presença de animais peçonhentos e roedores, freqüentemente presentes em ambientes com acúmulo de resíduos.

CONCLUSÃO

Os temas abordados no trabalho social são de extrema relevância no convívio comunitário. O saneamento, a educação ambiental, principalmente voltada para gestão de resíduos, tema este muito trabalhado no processo da obra de esgotamento da bacia CD1, em fortaleza, proporcionam à população o alcance de conhecimento, muitas vezes não

abordados no ambiente escolar regular. Apesar de serem temas transversais, por vezes não tem o alcance que deveriam. Ao serem trabalhados por uma equipe especializada no assunto, com experiência prática, o repasse das informações tendem a ser mais específicas e o alcance maior.

Outra ação importante nesse processo de acompanhamento da obra de esgotamento sanitário são as parcerias desenvolvidas, sobretudo com os órgãos que atuam em setores que são de interesse direto da população, a exemplo da secretaria municipal de meio ambiente..

No caso do trabalho social desenvolvido, a parceria com a secretaria municipal do meio ambiente, nessa ação específica, proporcionou um maior envolvimento da população, além de servir de base informativa sobre a realidade local para o órgão municipal, que pode assim

propor ações no âmbito das atividades inerentes ao seu ramo de atuação, como coleta de resíduos e drenagem.

A participação popular pode e deve ser forte e participativa. Os cidadãos têm de ser parte integrante de uma política pública inclusiva, democrática e sustentável, que garanta aos cidadãos direitos essenciais e acesso a informações, representação técnica e participação nos processos de formulação de políticas, de planejamento e de avaliação dos serviços públicos que venham a contribuir de forma direta e indireta com o bem estar da população, como os serviços de saneamento básico em todas as suas esferas.

Com isso, conclui-se que o trabalho desenvolvido pela equipe social tem uma ação de referência nesse processo de formação do conhecimento e organização comunitária.

Contudo, ressalta-se que é necessário um trabalho continuado de ações, mesmo após o término da obra, pois a população ainda resiste a mudanças de cenário e a novas práticas a exemplo da área estudada que passou por todo esse processo de envolvimento e ainda assim, se percebe a presença de resíduos sólidos nas ruas, mesmo com a presença de um ecoponto (local de descarte de material sólido) feito pela Prefeitura e disponibilizado para os cidadãos realizarem o descarte de resíduos de forma adequada e gratuita.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Ministério da Saúde. Organização Pan-Americana da Saúde. **Avaliação de impacto na saúde das ações de saneamento: marco conceitual e estratégia metodológica**. Organização Pan-Americana da Saúde. – Brasília: Ministério da Saúde, 2004.

BRASIL. Fundação Nacional de Saúde. **Manual de saneamento**. 3. ed. rev. - Brasília: Fundação Nacional de Saúde, 2004. 408 p.

JACOBI, P. R. O **Brasil depois da Rio +10**. Revista do Departamento de Geografia, 15 (2002) 19–29. Disponível em: http://www.educadores.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/2010/veiculos_de_comunicacao/RDG/RDG15/RDG15_07.PDF > Acesso em 20 de fev de 2019.

ONU. **2,5 bilhões de pessoas não têm acesso a saneamento básico em todo o mundo, alerta ONU**. Disponível em: <http://www.onu.org.br/25-bilhoes-de->

<http://www.onu.org.br/25-bilhoes-de-> pessoas-nao-tem-acesso-a-saneamentobasico-> Acesso em: 23 de jul de 2014.

DIGESTIÓN ANAEROBIA DE LODOS FISICOQUÍMICOS Y EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL DIGESTATO

MARIANA MENDOZA SÁNCHEZ, UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA, m4ri4n4.09s4n@gmail.com, al2173803642@alumnos.azc.uam.mx

PERLA XOCHITL SOTELO NAVARRO, Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional, perla.sotelo@cinvestav.mx

ROSA MARÍA ESPINOSA VALDEMAR, Universidad Autónoma Metropolitana, rmev@correo.azc.uam.mx

Abstract

In Mexico, there is not an inventory of sludge generation, for the period 2006-2012 an output of 232 tons was estimated, this information is not detailed, that is, its origin, type of stabilization.

Few treatment plants stabilize their sludge, because they lack facilities and budget, in many cases much of the sludge is discarded to the sewer or sent to dumps in the open, leaving an untreated waste.

The Metropolitan Autonomous University unit Azcapotzalco, has a Pilot Wastewater Treatment Plant (PPTAR) that operates since 2003, treats a fraction of the wastewater of the unit, using a physicochemical process, generating sludge at a rate of 175 L/day. Previously these were subjected to an alkaline stabilization, a process that left the sludge stabilized with a high pH (13.1 ± 0.06), so they became a hazardous waste, limiting its use and forcing a new treatment, which implies greater costs, stabilization is no longer carried out and they are discarded in the drain. Therefore, it was proposed to perform anaerobic digestion in order to obtain two byproducts of interest: methane and digestate.

Keywords: anaerobic digestion, physicochemical sludges, methane, phytotoxicity.

1. Introducción

Los lodos son resultado de la remoción de contaminantes del agua residual y uno de los subproductos de mayor interés, debido a su cantidad y al tratamiento de estabilización que se requiere para poder disponerlos (Limón, 2013).

La problemática de estos residuos es que pocas plantas estabilizan sus lodos, porque carecen de instalaciones y de presupuesto, por ello gran parte de los lodos se desechan al alcantarillado o se envían a tiraderos a cielo abierto, sin tratamiento (Oropeza, 2006).

Los lodos deben cumplir con la NOM-004-SEMARNAT-2002, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes para su aprovechamiento

y disposición final, para ello se emplean diversos tratamientos, para reducir olores, volumen y microorganismos patógenos, los métodos más comúnmente empleados son el composteo y la digestión anaerobia (Limón, 2013).

El presente proyecto tuvo como propósito evaluar la producción de metano y la calidad del digestato de la co-digestión anaerobia de lodos provenientes de una planta de tratamiento fisicoquímico, residuos de jardinería y estiércol.

2. Objetivo

Tratar los lodos fisicoquímicos mediante digestión anaerobia y evaluar la calidad del biogás obtenido mediante su cuantificación y caracterización, así como la calidad del digestato.

3. Metodología

Este proyecto se realizó en un cuarto oscuro y en el invernadero del área de tecnologías sustentables de la UAM-A.

La metodología se desarrolló en las cinco etapas que se muestran en la Figura 1, obtención y caracterización de los residuos, montaje de los reactores, monitoreo del biogás generado, caracterización fisicoquímica y microbiológica del digestato.

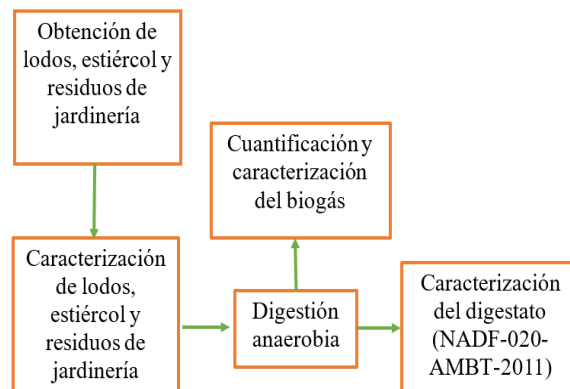


Figura 1. Diagrama de proceso

3.1 Obtención de los lodos, residuos de jardinería y estiércol

La Figura 2, describe la obtención de los residuos para la co-digestión. Los lodos se obtuvieron del sedimentador primario de mamparas paralelas. Además,



se realizó una caracterización fisicoquímica a los sustratos.

3.2 Caracterización de los residuos

Con la finalidad de aumentar el contenido de sólidos totales en las mezclas, se determinó la cantidad de

sólidos totales de cada residuo (Tabla 1).

Tabla 1. Técnicas para la caracterización inicial de los residuos

Parámetro	Técnica	Referencia
Humedad (%)	Balanza termogravimétrica	
Sólidos totales (%)	APHA 2540	APHA-AWWA-WPCF, 2005

Con base en los resultados obtenidos se establecieron diversas proporciones para la co-digestión, para mejorar las propiedades que tienen de forma individual.

3.3 Montaje de los reactores

La digestión se realizó por duplicado en reactores de plástico con sello hermético, con un volumen de trabajo de 45 L, con un agitador de hélice de acero inoxidable impulsado por un taladro neumático.

Como inóculo se utilizó estiércol de vaca para garantizar la presencia de bacterias metanogénicas. En la Figura 3, se muestran los reactores utilizados, en el cuarto oscuro a una temperatura controlada de 30°C durante 63 días.



Figura 3. Reactores usados en la digestión

Con base en las características y en la generación de los residuos se estableció el diseño experimental de 4 tratamientos y 3 testigos (lodos, residuos de jardinería y estiércol). Las combinaciones tuvieron como objetivo evaluar la interacción de estos, mientras que en los reactores testigo fue evaluar la producción de cada sustrato. En la Tabla 2, se muestra el diseño experimental y la apariencia de las mezclas sometidas a la digestión anaerobia.

Tabla 2. Diseño experimental

Tratamiento	Proporción [% volumen]	Imagen
Lodos [L100]	100	
Lodos + Residuos de jardinería [L50-RJ50]	50:50	
Residuos de jardinería [RJ100]	100	
Lodo + Estiércol [L80-I20]	80:20	
Lodos + Residuos de jardinería + Estiércol [L40-RJ40-I20]	40:40:20	
Residuos de jardinería + Estiércol [RJ80-I20]	80:20	
Estiércol [I-100]	100	

3.4 Caracterización y cuantificación del biogás

La calidad del biogás se analizó cada tercer día mediante cromatografía de gases empleando el equipo Agilent Technologies modelo 7890B, equipado con un

detector frontal y trasero (flujo de 20 mL/min, y una temperatura de 180°C), la temperatura del horno se mantiene a 50°C y el gas de arrastre es argón.

El biogás fue capturado en un salvavidas conectado al reactor, una vez lleno se cuantificaba el biogás producido, mediante un sistema de desplazamiento con una solución salina ácida y una probeta graduada



(Figura 4).

3.4 Caracterización fisicoquímica del digestato

La caracterización fisicoquímica de los digestatos se realizó con base en las técnicas de la Tabla 3.

Tabla 3. Técnicas de la caracterización fisicoquímica

Parámetro	Técnica	Referencia
Humedad (%)	Balanza termogravimétrica	
pH (unidades)	Suspensión en agua 1:5	Sadzawka <i>et al.</i> , 2005
Conductividad eléctrica (S)	Suspensión en agua 1:5	Sadzawka <i>et al.</i> , 2005
Materia orgánica (%)	Pérdida por calcinación a 650°C	Sadzawka <i>et al.</i> , 2005
Carbón total (%)	Cálculo a partir de la materia orgánica	Sadzawka <i>et al.</i> , 2005
Nitrógeno total (%)	Método AS-25	Fernández <i>et al.</i> , 2006
Relación C/N	NMX-AA-067-1985	(DGN, 1992)

3.5 Caracterización microbiológica del digestato

Se analizó la presencia *Salmonella spp.* y de coliformes fecales, ambos indicadores de contaminación fecal, mediante las técnicas de la Tabla 4.

Tabla 4. Técnicas para la caracterización microbiológica

Parámetro	Técnica	Referencia
Coliformes	NOM-004-	SEMARNAT,

fecales (NMP/g base seca)	SEMARNAT-2002	2003
<i>Salmonella spp</i> (NMP/g base seca)	NOM-004- SEMARNAT-2002	SEMARNAT, 2003

4. Resultados y discusión

Se presentan los resultados de la caracterización y cuantificación del biogás y la calidad de los digestatos.

4.1 Caracterización y cuantificación del biogás

La co-digestión permitió efectos sinérgicos positivos en la producción de metano, debido a que las mezclas aumentaron el material biodegradable y la diversidad microbiana aportada por el inóculo (estiércol de vaca) lo que brindó una mejor estabilidad al proceso y mayor generación de biogás.

En la Figura 5, se presenta el porcentaje de metano obtenido para cada reactor, donde la mayor producción la tuvo la co-digestión de RJ80-I20, seguido del reactor L80-I20 y finalmente el reactor L40-RJ40-I20, alcanzando un 65, 63 y 57% respectivamente.

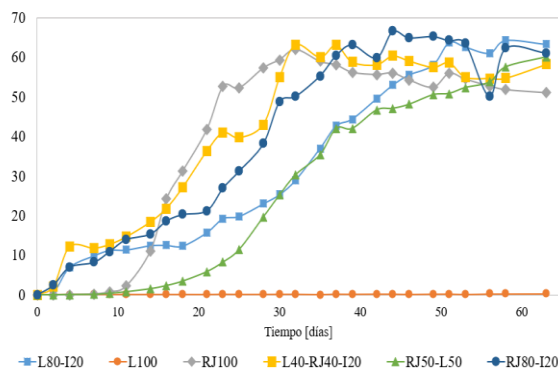


Figura 5. Producción de metano en los reactores

Resultados similares obtuvieron Sosnowski y colaboradores en 2003, en la co-digestión de lodos residuales y la fracción orgánica de los residuos sólidos, en los que la proporción 75:25 mejoró notablemente la generación de biogás, con una producción superior al 70% de metano.

En el volumen producido de biogás (Figura 6), el rector constituido por jardinería y estiércol (RJ80-I20) obtuvo el mayor volumen generado 294 L, seguido de los reactores de jardinería con lodos (L50-RJ50) y lodos con estiércol (L80-I20), produciendo 32 y 30.42 litros respectivamente.

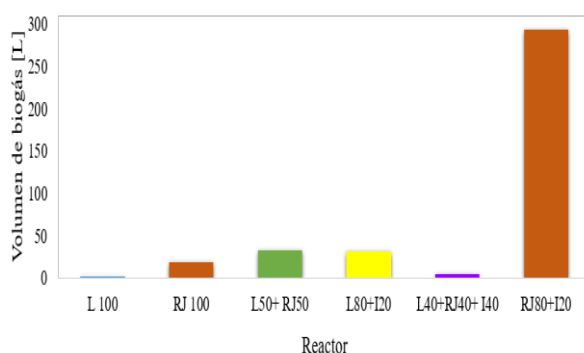


Figura 6. Volumen de biogás generado por reactor

Tanto en producción de biogás (volumen) y cantidad de metano el reactor con mejor rendimiento fue el de residuos de jardinería con inóculo (RJ80-I20).

Además, los reactores L50-RJ50, L40-RJ40-I20 y L80-I20, demuestran que los lodos de tipo fisicoquímico pueden emplearse un proceso de co-digestión.

4.2 Caracterización fisicoquímica

En la Tabla 5 se presentan los resultados de la caracterización de los digestatos. Con base en la revisión publicada por Nkoa en el 2014, los valores de los digestatos están dentro de los intervalos establecidos de materia orgánica (38.6–75.4), sólidos totales (1.5–45.7) nitrógeno total (0.12–1.5), pH (7.3–9.0) y relación C/N (2.0–24.8), estos datos fueron obtenidos de diversos procesos de co-digestión con diferentes materias primas (residuos agrícolas, estiércol de ganado, lodos de aguas residuales, residuos sólidos orgánicos, entre otras). En algunos casos se tiene valores superiores, esto es debido a que no se usaron los mismos residuos y en las mismas cantidades, por lo que sus características son diferentes a las reportadas.

Tabla 5. Caracterización fisicoquímica de los digestatos

Parámetro	Muestras						
	L-100	I-100	RJ-100	L50-RJ50	L80-I20	L40-RJ40-I20	RJ80-I20
Humedad [%]	98.70±0.16	79±3.67	68.08±0.11	88.96±0.92	96.22±0.43	88.85±0.72	78.59±3.15
Materia Orgánica [%]	51.73±0.32	79.26±1.38	82.58±1.38	88.93±0.47	85.35±0.43	85.86±2.52	78.75±1.46
Carbono total [%]	30±0.18	45.97±0.80	47.9±0.80	51.58±0.27	49.5±0.25	49.80±1.46	45.68±0.85
Nitrógeno total [%]	4.27±0.00	2.03±0.28	0.95±0.19	1.35±0.03	1.19±0.11	1.14±0.14	1.11±0.08
C/N	7.03±0.04	23.10±3.20	49.75±8.69	38.14±0.86	40.72±4.10	43.63±4.98	41.23±2.94
pH	7.05±0.03	7.55±0.12	7.31±0.02	7.26±0.02	7.81±0.11	7.60±0.05	8.15±0.01
Conductividad eléctrica [μS]	2817.75±62.4	4815±445.56	738.50±15.07	754±43.65	1049.5±87.11	1286.25±33.15	1627.75±71.57

4.3 Caracterización microbiológica

En la Tabla 6, se presenta la cantidad de coliformes fecales, que disminuyeron durante la co-digestión con una eficiencia entre 86-99%, con excepción de los lodos, con una eficiencia del 55%. Datos obtenidos por Manyi-Loh y colaboradores en 2014, indicaron que los

microorganismos patógenos de importancia para la salud se reducen en un 90%-99%, esta reducción está en función de los días de la digestión, las diferentes tasas de supervivencia puede verse influidas por las características propias de cada bacteria, los nutrientes disponibles y las etapas del proceso de digestión anaerobia.

Tabla 6. Coliformes fecales

Parámetro	Muestras													
	L-100		I-100		RJ-100		L50-RJ50		L80-I20		L40-RJ40-I20		RJ80-I20	
	Inicio	Fin	Inicio	Fin	Inicio	Fin	Inicio	Fin	Inicio	Fin	Inicio	Fin	Inicio	Fin
Coliformes fecales	6.8x10 ⁵	3x10 ⁵	1.6x10 ⁹	1.3x10 ³	5.8x10 ⁶	9x10 ³	1.1x10 ⁵	1.5x10 ⁴	4.8x10 ⁹	2.7x10 ⁵	9.7x10 ⁸	7.8x10 ³	9.7x10 ⁸	5.4x10 ³

[NMP/g _{ST}]															
------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

En cuanto a *Salmonella spp.* (Tabla 7) los digestatos no cumplen con la normatividad vigente para composta NADF-020-AMBT-2011, ya que esta tiene un límite máximo permisible de < 3 NMP en 4 g base seca, cabe mencionar que la calidad de los digestatos se comparó con esta norma, debido a que no existe una normatividad que regule estos. Además, por sus propiedades (materia orgánica y nitrógeno) se desean aplicar como mejoradores de suelos.

5. Conclusiones

El proceso de digestión anaerobia de los lodos se vio favorecido al realizar un proceso de co-digestión con residuos de jardinería y estiércol, ya que los lodos por si solos no cumplen con los requisitos necesarios para una adecuada digestión. La mayor producción de metano y biogás se obtuvo en los reactores RJ80-I20 (65% CH₄ y 294 L) y L80-I20 (63% CH₄ y 30.42 L).

Tabla 7. *Salmonella spp* en digestatos

Parámetro	Muestras						
	L-100	I-100	RJ-100	L50-RJ50	L80-I20	L40-RJ40-I20	RJ80-I20
<i>Salmonella spp.</i> [NMP/g _{ST}]	3.00x10 ²	1.32x10 ⁴	3.50x10 ⁴	2.40x10 ⁵	1.21x10 ⁵	1.23x10 ⁵	1.80x10 ⁴

En general, se disminuyó la carga de coliformes fecales hasta en un 99%, sin embargo, dada la cantidad de microorganismos presentes en el proceso aún no es suficiente para cumplir con la normatividad vigente (NOM-004-SEMARNAT-2002).

6. Referencias bibliográficas

- DGN (Dirección General de Normas). Norma Mexicana NMX-AA-67-1985, Protección al Ambiente - Contaminación del Suelo - Residuos Sólidos Municipales Determinación de la Relación Carbono/Nitrógeno (1992). México.
- Fernández, L. L. C., Rojas, A. N. G., Roldán, C. T. G., Ramírez, I. M. E., Zerraga, M. H. G., Uribe, H. R., Reyes, Á. R. J., Flores, H. D. y Arce, O. J. M. (2006). Manual de las técnicas de análisis de suelos aplicadas a la remediación de suelos contaminados, Instituto Mexicano del Petróleo. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. Instituto Nacional de Ecología. México, D.F..
- Limón, M. J. G. (2013). Los lodos de las plantas de tratamiento de aguas residuales, ¿problema o recurso? Guadalajara, Jalisco. Consultado en: www.ai.org.mx/ai/images/.../doc_ingreso_gualberto_limon_trabajo_de_ingreso.pdf. Fecha de consulta: 25 de noviembre de 2018
- Manyi-Loh, C. E., Mamphweli, S. N., Meyer, E. L., Okoh, A. I., Makaka, G., & Simon, M. (2014). Inactivation of selected bacterial pathogens in dairy cattle manure by mesophilic anaerobic digestion (balloon type digester). *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 11(7), 7184–7194.
- Nkoa, R. (2014). Agricultural benefits and environmental risks of soil fertilization with anaerobic digestates: A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 34(2), 473–492.
- Oropeza G., N. (2006). Lodos residuales : estabilización y manejo. *Caos Conciencia*, 1, 51–58.
- Sadzawka R., Carrasco R., Grez Z., & Mora G. (2005). Métodos de análisis de compost. Chile.
- SEDEMA (Secretaría del Medio Ambiente del Distrito Federal). (2012). Norma Ambiental para el Distrito Federal NADF-020-AMBT-2011, que establece los requerimientos mínimos para la producción de composta a partir de la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos, agrícolas, pecuarios y forestales, así como las mínimas. México: Gaceta Oficial del Distrito Federal.
- SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). (2003). NOM-004-SEMARNAT-2002, Protección ambiental.- Lodos y biosólidos.-Especificaciones y límites máximos permisibles de contaminantes para su aprovechamiento y disposición final. México: Diario Oficial de la Federación.
- Sosnowski, P., Wiczorek, A., & Ledakowicz, S. (2003). Anaerobic co-digestion of sewage sludge and organic fraction of municipal solid wastes. *Advances in Environmental Research*, 7(3), 609–616.

Caracterización y tratamiento biológico de lixiviado generado en un relleno sanitario

ANDRES GALINDO MONTERO, Universidad de La Guajira, agalindo@uniquajira.edu.co

ESTEFANY PIMIENTA SERRANO, Universidad de La Guajira, evpimienta@uniquajira.edu.co

1.- Abstract:

In this research the leachate generated in the landfill of the municipality of Riohacha was characterized and was evaluated the efficiency of the wastewater treatment system in series, composed of a two - stage anaerobic reactor and an artificial marsh (Wetlands) using specimens of *Typha Domingensis* as a phytoremediation agent. To treat it, as part of the research, the substrate (leachate) and inoculum (granular mud) were previously characterized; the system was evaluated at different hydraulic retention times (HRT) 7,97, 5,31 and 2,14 days. During its operation, the operational parameters (pH, T °, Alkalinity, Buffer Index, Biogas Production and Percentage of methane) and physicochemical parameters were monitored to estimate the removal efficiency (DBO5,20, CODT and CODS, Oils and Fats, ST, SST, SF, SV, NO2, NO3, among others). The best organic matter removal efficiencies were obtained at a global HRT of 7.97 days, registering removals of total COD, soluble COD and BOD520 in the order of 89; 88.54 and 91.42%; respectively. However, the best efficiency in the removal of volatile solids was observed at the global HRT of 5.3

Keywords: Municipal wastewater, double stage reactor, UASB reactor, anaerobic treatment.

2.- Introducción

La generación de residuos sólidos se ha convertido en uno de los problemas ambientales más críticos y crecientes que afronta la humanidad, si consideramos el incremento poblacional de la mayoría de los centros urbanos medianos y grandes. La creciente toma de conciencia a nivel mundial de la necesidad de disminuir la contaminación generada por estos desechos producidos por el hombre, ha contribuido para que se aceleren las investigaciones respecto a los distintos procesos que existen para su manejo y disposición final.

En lo que respecta a la disposición final de residuos sólidos en el mundo los rellenos sanitarios son el método más común (Renou et al., 2008). Uno de los principales retos para los rellenos sanitarios es el manejo adecuado de los efluentes que resultan como subproducto de la degradación de los RS, entre estos el lixiviado y el biogás; Los lixiviados se forman mediante el percolado de líquidos (como por ejemplo, agua de lluvia) a través de sustancias en proceso de descomposición. El líquido, al fluir, disuelve algunas sustancias y arrastra partículas con otros compuestos químicos. Así mismo durante el proceso de fermentación anaerobia y/o aerobia, para la degradación de los residuos sólidos, (Obersteiner et al., 2008, De Feo y Malvano., 2009). La descarga de lixiviados sin tratar en cuerpos hídricos es un problema común en muchos países en desarrollo, lo cual, unido a lo complejo y variable composición de este residuo, coloca en evidencia una clara necesidad de trabajar con tecnologías confiables y de bajo costo para su tratamiento (Cortes y Madera, 2013). Debido a que los lixiviados son líquidos muy complejos y altamente contaminados; en su composición se puede encontrar materia orgánica disuelta, sales inorgánicas, metales pesados y otros compuestos orgánicos xenobióticos, por lo que pueden ser tóxicos y cancerígenos; lo cual dificulta la estabilización y funcionamiento de los sistemas de tratamiento, debido a que presentan condiciones extremas que en algunas ocasiones inhiben la descomposición y remoción de material contaminante, la selección de un sistema eficiente para la tratabilidad de este tipo de agua residual es uno de los principales retos en la actualidad (Reyes, 2015).

Para minimizar el efecto del lixiviado, en los últimos años se ha presentado una verdadera revolución en las investigaciones concernientes a los sistemas de tratamientos de estos, las innovaciones en este campo son una de las estrategias más importantes para la conservación del medio ambiente. Una de las opciones más estudiadas para el tratamiento de los lixiviados es la implementación de sistemas biológicos; y dentro de ellos, la digestión anaerobia; La aplicación de los sistemas de degradación anaerobia se está consolidando como una alternativa potencial en relación a la legislación de disposición de lodos, generación de energía renovable, economía y beneficios ambientales sobre las técnicas convencionales (debido a que no requiere aireación y soportan elevadas cargas orgánicas) (Kleerebezem y

Macarie, 2003). A pesar de sus grandes ventajas, los sistemas anaeróbicos apenas cumplen con las normas establecidas por las legislaciones ambientales (Oliveira y Sperling, 2009). Una de las innovaciones más importantes de los últimos tiempos es la combinación de procesos de depuración biológica (Rodríguez y Foresti, 2005; Oliveira y Sperling, 2009; Chernicharo y Nascimento, 2001; von Sperling et al., 2001; Tawfik et al., 2005). Actualmente se tiene la idea generalizada que los procesos biológicos aerobios y anaerobios pueden ser aplicados conjuntamente para el tratamiento de AR, cada uno presenta aspectos positivos y negativos (Carrha et al., 2006; Campos et al., 1999).

El reactor anaerobio de dos etapas presenta las mismas condiciones operacionales de los UASB y por tanto la tasa de conversión o remoción de la materia orgánica es regida por dos factores principales; proceso microbiológico y la hidráulica del reactor el cual ya ha sido ensayado para el tratamiento de agua residual municipal (Galindo et al., 2012). Los humedales artificiales han sido empleados recientemente para tratar diferentes efluentes, por ser de bajo costo, ambientalmente amigable, y presentar buenos desempeños en la eliminación global de contaminantes como lo demuestran varios estudios (Mæhlum 1995., Bulc et al., 2006., Yalcuk, y Ugurlu 2009). Este mecanismo de biorremediación es ampliamente usado actualmente, Los procesos de remoción se dan a partir de la acción de las bacterias aerobias adheridas al medio filtrante y raíces de plantas, lo cual proporciona las condiciones adecuadas para la filtración, absorción y consumo de nutrientes, lo que favorece el desarrollo de procesos simbióticos en la rizósfera (bacterias- raíz) (Carrión, y Cuenca 2008). Un gran porcentaje de la remoción en los pantanos artificiales se da gracias a los procesos de filtración, sedimentación y acción de los microorganismos presentes en las raíces de las plantas, respecto a estas el género *Typha* es uno de los más empleados dada su amplia distribución geográfica y tolerancia a cambios de temperatura y niveles de contaminación. La especie *Typha dominguensis* se caracteriza por presentar un sistema radicular arraigado, al presentar una estructura vegetal esponjosa favorece los procesos de fijación y acumulación de los nutrientes y metales pesados que no pueden ser removidos (Beascochea et al., 2006; Moreno 2015).

3.- Objetivos

El presente estudio tuvo como objeto evaluar la eficiencia en la remoción para el tratamiento de lixiviados generado en el relleno sanitario del municipio de Riohacha combinando un reactor anaerobio de dos etapas con un humedal artificial, buscando con esto maximizar las ventajas y desventajas que se contraponen en estos sistemas, aprovechando los beneficios que cada componente del sistema aportaran.

4.- Metodología

Unidad Experimental. El sistema estudiado estaba integrado por un reactor anaerobio de dos etapas, a escala de laboratorio, fue construido en acrílico, tenía con un volumen total de 12 L aproximadamente, compuesto por dos cámaras (R1 y R2), la primera con un volumen de 7,5 L y la segunda con 4,5 L, las dimensiones de la cámara R1 son: altura 41,22 cm; 22,7 de ancho y 50,7 cm de profundidad, Las dimensiones de la cámara R2 fueron: altura 30 cm; 11 cm de ancho y 50,7 cm de profundidad, la parte inferior del reactor tiene forma de cono truncado y rectangular en la parte superior, el reactor fue inoculado con lodo anaerobio granular proveniente de una industria cervecera, agregando (20% v/v) para cada cámara, este fue alimentado con una bomba peristáltica de 600 rpm, la cual permitió mantener caudal constante en cada uno de los tiempos de retención (TRH) evaluados. Para la medición de biogás se construyó un sistema de recolección y medición por desplazamiento de agua. El humedal artificial, fue construido en acrílico transparente, presenta un grosor de 5 mm, con una pendiente de 0,07 m, 0,25 m de alto, 1,1 m de largo y 0,4 m de ancho, con un volumen total de 68 Litros, Se utilizaron 27 Litros de grava con diámetros de 1/2", 3/8", 1/4" y 1/8" distribuidos de forma ascendente, en la cual fueron ubicados 25 especímenes de *Typha dominguensis*. El volumen útil del humedal fue de 39 L.

Caracterización del lixiviado. Para conocer las características y los niveles de tratabilidad de lixiviado, se realizó una caracterización previa según su edad (Joven, Antiguo y Mezclado); estos parámetros se realizaron de acuerdo a las técnicas establecidas en el Standard Methods (1998) y marco normativo Colombiano resolución 0631/2015 (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible 2015). EL inóculo utilizado en el reactor fue previamente caracterizado determinando el tamaño del gránulo, velocidad de sedimentación, gravedad específica, sólidos totales y contenido de humedad (Morillo y Fajardo 2015; Gangrekar 2005).

Arranque del sistema. El arranque del reactor se inició aplicándole altas velocidades ascensionales que garantizaron el lavado del lodo, inicialmente se alimentó el lixiviado con diluciones al 30% y 60% con agua potable y se estimuló el

crecimiento de la población bacteriana adicionando glucosa durante 20 días para cada dilución. Respecto al pantano artificial las plantas utilizadas corresponden a la especie (*Typha dominguensis*), fueron obtenidas de una laguna natural, para su proceso de adaptación estas se colocaron en un recipiente con grava y lixiviado diluido a un 30% y 60% durante 20 días para cada dilución.

Operación del sistema. Alcanzada la estabilidad en el sistema, este se alimentó con un flujo continuo, la evaluación del sistema se realizó a distintos TRH iniciando con 7,97, 5,31 y 2,88 días respectivamente, para el reactor anaerobio de dos fases se contemplaron TRH individual de 36, 24 y 12 h. Se tomaron de 10 muestras del afluente y efluente de cada sistema en los TRH evaluados, monitoreando los siguientes parámetros; operacionales pH, alcalinidad á y total, temperatura, producción de biogás diariamente, porcentaje de metano, y para evaluar la eficiencia de remoción se midieron: DQO_{Total} , $DQO_{Soluble}$, DBO_{5-20} , sólidos totales (ST), volátiles (STV) y fijos (STF), sólidos suspendidos (SST), ácidos grasos volátiles (AGV), aceites y grasas (AyG), nitrito (NO_2), nitrato (NO_3), amonio (NH_4), fosfato (PO_4), sulfato (SO_4). Estos parámetros se realizaron de acuerdo a las técnicas establecidas en el Standard Methods (1998).

5.- Resultados

A partir de la caracterización del lixiviado generado el relleno sanitario, se pudo establecer que este presentó las condiciones adecuadas para ser tratado biológicamente; el pH presentó valores muy alcalinos, la temperatura presentó valores en un intervalo de 27- 29°C, lo cual favorece el crecimiento y desarrollo de la población bacteriana presente en el inóculo del reactor (Torres *et al.*, 2005; Mendoza y López 2004). Los valores de alcalinidad total para las tres muestras de lixiviado (nuevo, antiguo y mezclado) oscilaron en un promedio de 9382 mg/L, lo cual indica la alta resistencia a la acidificación. Los resultados obtenidos para la DBO_{5-20} presentó condiciones favorables para un tratamiento biológico, con valores reportados en un intervalo de 2000 – 2500mg/L.

El lixiviado joven presentó una mayor carga orgánica; sin embargo, el lixiviado antiguo se seleccionó como sustrato porque tenía una menor de amonio y metales pesados, a excepción del aluminio, que no tuvo un efecto negativo en la degradación, la concentración de metales pesados en los tres tipos de lixiviados estaba por debajo de los límites requeridos por las regulaciones colombianas para el drenaje (Resolución 0631 de 2015), Además, estos fueron más bajos que los valores inhibitorios para el crecimiento y desarrollo de la población bacteriana (Mudhoo y Kumar, 2012). Las bajas concentraciones de metales pesados pueden atribuirse a la ausencia de industrias en la ciudad y sus áreas circundantes. A la luz de estos resultados, los metales no fueron monitoreados durante la operación del sistema.

Las mejores eficiencias de remoción de materia orgánica se obtuvieron a TRH global de 7,97 días, registrando remociones de DQO_{Total} , $DQO_{soluble}$ y DBO_{5-20} (Figura 1 y 2) en el orden de 89,23; 88,54 y 91,42%; respectivamente. Las mayores eficiencia de remoción se registraron en el TRH de 7,97días esto puede estar dado por el mayor tiempo de contacto entre los consorcios bacterianos y el sustrato para este TRH lo cual favorece los procesos de degradación de materia orgánica, sin embargo, la mejor eficiencia en la remoción de sólidos volátiles se observó en el TRH global de 5,31 días. En la remoción de DBO_{5-20} se obtuvo la mayor eficiencia en el TRH global de 7,97 días, en el TRH global de 5,31 días se obtuvo una eficiencia media de 84,93% registrando una DBO_{5-20} en el efluente del sistema de 300 mg/L aproximadamente, la eficiencia del sistema en la remoción de la DBO_{5-20} radica principalmente acción biológica del primer componente (RADCA), con un porcentaje de 76, 29%.

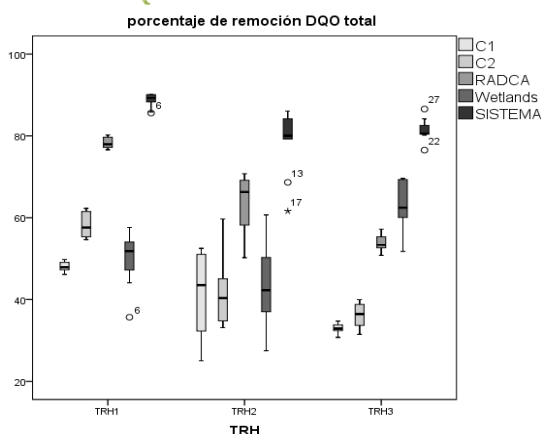


Figura 1. Porcentajes de remoción de DQO_{Total} en cada componente del sistema.

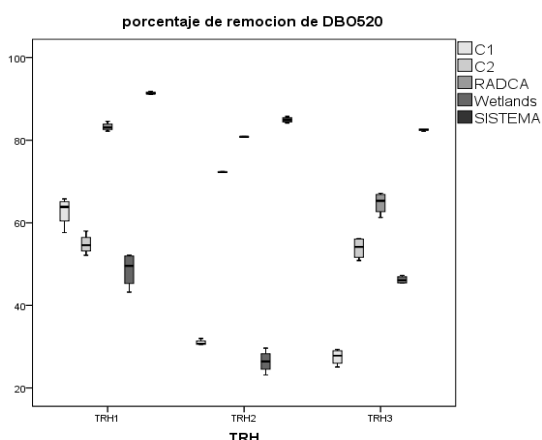


Figura 2. Porcentajes de remoción de DBO_{5-20} en cada componente del sistema.

6. Conclusiones

El sistema integrado por el reactor anaerobio de doble cámara y Wetlands de acuerdo con los resultados obtenidos es una alternativa viable para el tratamiento avanzado del Lixiviado generado en el relleno sanitario de la ciudad de Riohacha; al registrar concentraciones iniciales de DQO de 20.240 mg/L y efluente de 2200 mg/L, con una remoción de 18.040 mg/L y una eficiencia del 88,70% en un TRH de 7,97 días.

7. Referencias

(iii) *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (1998). 20th edn, American Public Health Association/American Water Works Association/Water Environment Federation, Washington DC, USA.

Beascochea, E., Muñoz, J., Curt, Ma.D., (2009). Manual de fitodepuración, filtros de macrofitas en flotación. Capítulo 7, macrofitas de interés en fitodepuración. EDITAN, 143- 146.

Bulc, T. Vrhovsek, D. & Kukanja, V. (1997) The use of constructed wetland for landfill leachate treatment. *Water Science and Technology*, 35(5), 1997. pp.301–306.

Campos, J., Foresti, E., Florêncio, L., Van Andel, Z. (1999). Tratamiento de esgostos por processo anaeróbico e disposicao controlada no solo. Cap. 2. Fundamentos do tratamento anaerobio, Río de Janeiro, ABES (1999). Proy. PROBAB. 32.

Carrha, L., van Haandel, A., Zeeman G., Lettinga G., (2006) The effects of operational and environmental variations on anaerobic wastewater treatment systems: A review, *Bioresource Technology*. **97** (9), 1105–1118.

Carrión, L., Cuenca, N., (2008). Bioensayo con macrofitas acuáticas para el tratamiento de los lixiviados procedentes del relleno sanitario de Pichacay. EMAC, 5-17.

Chernicharo, C., Nascimento, S., (2001). Feasibility of a pilot-scale UASB/trickling filter system for domestic sewage treatment". *WaterScience Tech.* 44(4), 221-228.

Cortes, A., Madera, C.A., (2013). Eliminación de DQO, Nitrógeno (TKN, NH_4^+ , NO_3) y Cr (VI) en humedales construidos con policultivos tratando lixiviados de rellenos sanitarios a escala piloto. Seminario Internacional GRAL, Sao Pablo, Brasil.

De Feo, M., Malvano, C., (2009). The use of LCA in selecting the best MSW management system. *Waste Management*. **29**, 1901-1915.

Kleerebezem, R & Macarief, H. (2003). Treating industrial wastewater: Anaerobic digestion comes of age. *Chemical Engineering*. **110**. 56-64.

Galindo, A., Rincón, N., Pérez, J., Marín, J., Causado, E., (2012). Evaluación de un Reactor de Doble Cámara Constituido por dos Reactores UASB en Serie para el Tratamiento de Aguas Residuales Municipales. XXXIII Congreso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, realizado en Salvador, Bahía, Brasil. 1-11.

Gangrekar, M., Asolekar, S., Joshi, S., (2005). Characteristics of sludge developed under different loading conditions during UASB reactor start-up and granulation. *Water Research*, **39**, 1123-1133.

Mæhlum, T., (1995). Treatment of landfill leachate in on-site lagoons and constructed wetlands. *Water Science and Technology*. **32**(3), 129–135.

Mendoza, P. & López, V. (2004) Estudio de la calidad del lixiviado del relleno sanitario la esmeralda y su respuesta bajo tratamiento en filtro anaerobio piloto de flujo ascendente. Participación en proyecto de investigación para optar el Título de Ingeniero Químico, línea de profundización en Ingeniería Ambiental. Universidad Nacional de Colombia, sede-Manizales, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Departamento de Ingeniería Química. Manizales, Colombia, .pp 35-82

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, (2015). Resolución 0631, 17 de marzo de 2015. https://www.minambiente.gov.co/images/normativa/app/resoluciones/d1res_631_marz_2015.pdf(accedido 31.03.15).

Moreno, J.M., (2008). La utilización de plantas acuáticas (sistema filtro de macrofitas en flotación). *Revista CEN Medio Ambiente No 9*. Centro de recursos ambientales de Navarra. 2-18.

Morillo, F., Fajardo, E., (2005). Estudio de los reactores UASB para el tratamiento de lixiviado del relleno sanitario La Esmeralda. Universidad Nacional de Colombia – sede Manizales, Facultad de ingeniería y Arquitectura. 34-74.

Mudhoo, A. & Kumar, S. (2013) Effects of heavy metals as stress factors on anaerobic digestion processes and biogas production from biomass. *S. Int. J. Environ. Sci. Technol.* <https://doi.org/10.1007/s13762-012-0167-y>

Obersteiner, G., Binner, E., Mostbauer, P., Salhofer, S., (2007). Landfill modeling in LCA – A contribution based on empirical data. *Waste Management*. **27**, 58-74.

Renou, S., Givaudan, J.G., Poulain, S., Dirassouyan F., Moulin, P., (2008). Landfill leachate treatment: Review and opportunity. *Journal of hazardous materials*. **150** (3), 68–93.

Reyes, M., (2015). Lixiviados en plantas de residuos. Una contribución para la selección del proceso de tratamiento. Tesis doctoral. Universitat Politècnica de Valencia, departamento de física aplicada. 23-60.

Rodriguez J., Foresti E. (2005). A Novel Aerobic-Anoxic Biological Filter For Nitrogen Removal From UASB Reactor Effluent Using Biogas Compounds As Electron Donors For Denitrification, *Memorias IX Taller Simposio Latinoamericano de Digestion Anaerobia*.

Tawfik, A., Klapwijk, B., Van Buuren, J. Gohary, F., Lettinga, G. (2005) Potentials of using a rotating biological contactor (RBC) for post-treatment of anaerobically pre-treated domestic wastewater, *Biochem. Eng. J.*, **25**(1), 89–98.

Torres, P. Rodríguez, J. Barba, L. Morán, A. Narváez, J. (2005) Tratamiento anaerobio de lixiviado en reactores UASB”. En: *Ingeniería y Desarrollo*, numero 018. Universidad del Norte. Barranquilla, Colombia pp 50-60.

Von Sperling M., Freire H., Chernicharo C. (2001) Performance evaluation of an UASB-activated sludge system treating municipal wastewater, *Water Sci. Technol.*, **43**(11), 323–328.

Von Sperling, S. & C. Oliveira (2009); Comparative performance evaluation of full-scale anaerobic and aerobic wastewater treatment processes in Brazil. *Water Sci Technol* 1 January; **59** (1): 15–22. doi: <https://doi.org/10.2166/wst.2009.841>

Yalcuk, A., Ugurlu, A., (2009). Comparison of horizontal and vertical constructed wetland systems for landfill leachate treatment. *Bioresource technology*. **100**(9), 2521–6.

Evaluation of solid waste generated in the School of Administration of the Federal University of Rio Grande do Sul

DARCI BARNECH CAMPANI, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, campani@ufrgs.br

ANGÉLICA DE PAOLI SCHMIDT, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, angelica.de.p.schmidt@gmail.com

MIRTHA GOALCONDA VASQUES RODRIGUES, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, mirtha.rodrigues@ufrgs.br

SANDRA REGINA CELA, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, sandra.cela@ufrgs.br

ABSTRACT

This paper presents qualitative and quantitative aspects of solid waste generated at the School of Administration of the Federal University of Rio Grande do Sul, from waste weighing. The survey of these data allows annual comparisons between the school's sectors for verification and actions. Waste Corrective actions aimed at correct waste segregation and have a satisfactory minimization results. The School seeks the certification NBR ISO 14001:2015 to improve its environmental performance and have a socio-environmental commitment.

Keywords: solid waste, environmental impacts, segregation.

AVALIAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS GERADOS NA ESCOLA DE ADMINISTRAÇÃO DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

RESUMO

O trabalho apresenta aspectos quali-quantitativos de resíduos sólidos gerados na Escola de Administração da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, a partir de pesagem. O levantamento destes dados possibilita comparações anuais entre os setores para verificação e ações. O gerenciamento dos resíduos possibilita a minimização e até redução dos impactos ambientais adversos. As ações corretivas visaram a correta segregação dos resíduos e os resultados satisfatórios de minimização são aprimorados. A Escola busca a certificação da NBR ISO 14001:2015 para melhorar seu desempenho ambiental e ter um compromisso socioambiental.

Palavras chaves: resíduos sólidos, impactos ambientais, segregação.

INTRODUÇÃO

Conforme o Manual Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos (MONTEIRO, 2001), a gestão dos resíduos sólidos não tem merecido a atenção necessária por parte do poder público. Com isso, compromete-se cada vez mais a já combalida saúde da população bem como degradam-se os recursos naturais, especialmente o solo e os recursos hídricos. A interdependência dos conceitos de meio ambiente, saúde e saneamento é hoje bastante evidente, o que reforça a necessidade de integração das ações desses setores em prol da melhoria da qualidade de vida da população brasileira.

Observa-se que a responsabilidade das universidades no adequado gerenciamento de seus resíduos, tendo em vista a minimização dos impactos no meio ambiente e na saúde pública, passa pela sensibilização dos professores, alunos e funcionários envolvidos diretamente na geração desses resíduos, e de seus diversos setores administrativos que podem ter relação com a questão (prefeitura, compras, almoxarifado, etc.). (FURIAM, M.S).

O presente trabalho a seguir, realizado na Escola de Administração da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, por meio do grupo GESTA (Gestão Ambiental da Escola de Administração) e AGA (Assessoria de Gestão Ambiental), mostrará o gerenciamento dos seus resíduos sólidos através da pesagem e atividades que propiciam a reutilização, redução e correta segregação desses resíduos.

OBJETIVOS

Avaliar os resíduos sólidos por meio de pesagens segregadas por categorias e setores da Escola de Administração e promover ações e informações que minimizem a geração e maximizem a reutilização.

METODOLOGIA

Com a avaliação realizada numa primeira visita a todas as Unidades pesquisadas, primeiramente se definiu critérios que permitissem uma unificação na classificação e após foram feitas as respectivas pesagens, que seguiram rotinas diferenciadas, quanto ao tempo de acúmulo de resíduos para a pesagem, adaptadas às condições de funcionamento de cada local, sendo todos os dados reduzidos à condição de geração diária de resíduos para permitir futuras comparações, ou mesmo o desenvolvimento de projeto de centrais de armazenamento temporário. (CAMPANI, 2017).

Segundo NBR 10004:2004 (ABNT,2004), os resíduos sólidos são classificados em:

- a) resíduos classe I – Perigosos;
- b) resíduos classe II – Não perigosos;
 - resíduos classe II A – Não inertes.
 - resíduos classe II B – Inerte

Ainda conforme Campani 2017, a legislação hoje determina a separação mais geral em resíduos perigosos e não perigosos, sendo que entre os não perigosos ainda distinguem os resíduos dos rejeitos, tendo sido adotada a separação nas seguintes categorias:

- Resíduos Perigosos: Químicos, Infectantes, Lâmpadas Fluorescentes, Pilhas e Baterias e Construção Civil;
- Resíduos Não Perigosos: Recicláveis, Compostáveis e Não Recicláveis (Rejeitos), e Óleos de Fritura.

A metodologia dentre os resíduos não perigosos, coletados na Escola, foram estruturados da seguinte maneira:

Os resíduos recicláveis, coletados em sacos azuis, foram segregados nas categorias de plástico, papel/papelão, metais e vidros, em alguns locais, quando algum material se destacava, foram realizadas pesagens destes materiais em separado, principalmente para que a mesma se confirme nas pesagens futuras. Também foram separados e pesados os materiais não recicláveis encontrados dentro dos sacos azuis e classificados como Erros na Segregação dos recicláveis. (CAMPANI, 2017).

Os não recicláveis, coletados em sacos pretos, tiveram os sacos abertos e deles retirados, para pesagem em separado, os caracterizados como Erro na Segregação dos recicláveis. (CAMPANI, 2017).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

O estudo comparativo da amostragem dos resíduos gerados na Escola de Administração a seguir, foi realizado em 2017 e em 2018, quantificados por kg/dia, como mostra a Tabela 1, a precisão da balança é de 10 gramas. Na mesma tabela, observa-se que não há Resíduos Perigosos, os Infectantes e Perfuro cortantes e químicos, totalizando o valor de 0. Os Não Perigosos no valor de 21,62 kg no ano de 2017 e de 15,41 kg em 2018 refere-se ao valor total dos recicláveis, não recicláveis, compostáveis e erros de segregação. No ano de 2017 a amostra foi maior por motivo do período de coleta

ocorreu o evento Portas Abertas, com visitação de escolas e alunos na Universidade. A partir dos dados chegamos às seguintes conclusões:

Tabela 1 – Tabela padrão com aspectos quali-quantitativos.					
Classe	Tipo	2017		2018	
		Quantidade (kg/dia)	%	Quantidade (kg/dia)	%
A,B e E	Perigosos	0	0	0	0
A e E	Infectantes e Perfuro cortantes	0	0	0	0
B	Químicos	0	0	0	0
D	Não perigosos	21,62	100,0	15,41	100,0
	Recicláveis	8,923	41,3	4,89	31,7
	Plásticos	1,73	8,0	2,4	15,6
	Papéis/papelões	6,64	30,7	2,07	13,4
	Metais	0,013	0,1	0,03	0,2
	Copo de café não reciclável	0,26	1,2	0,14	0,9
	Alumínio	0,38	1,8	0,22	1,4
	Embalagens multi materiais	0,16	0,7	0,17	1,1
	Compostáveis	0,24	1,1	1,01	6,6
	Não recicláveis	10,97	50,7	6,92	44,9
	Erros na segregação	1,23	5,7	2,45	15,9
	Total	21,62	100,0	15,41	100,0

Tabela 1 – Aspectos quali-quantitativos.

A redução dos papéis, como pode-se observar, a Universidade vem sistematizando os documentos pelo Sistema Eletrônico de Informações (SEI) sendo uma evolução de tramitação eletrônica, a Escola está se adequando ao novo sistema aos poucos, o que explica a redução dos papéis.

O grupo GESTA realizou campanhas, como a “Geladeira Sustentável” e a Feira Leva&Traz com o objetivo de promover ações em conjunto com a população da Escola, visando a redução e reutilização. A “Geladeira Sustentável” têm a proposta de reutilizar os materiais utilizados em disciplinas ofertadas na Escola, livros, revistas, polígrafos... Contribuindo na redução dos papéis. Já a Feira Leva&Traz tem o intuito de reutilizar materiais, utensílios, ou seja, qualquer objeto em desuso que possa ser útil para outra pessoa, a Feira é realizada anualmente e a duração é de aproximadamente de uma semana, conforme o avanço da mesma.

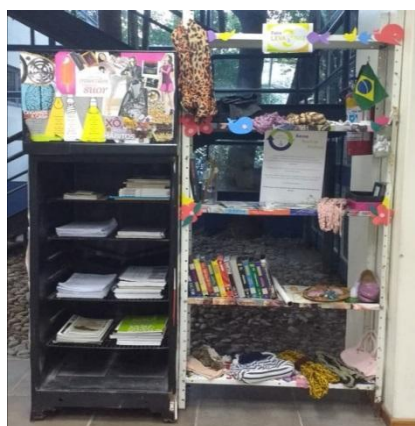


Figura 1: “Geladeira Sustentável” e Feira Leva & Traz.

Os compostáveis tiveram um aumento de 83,3% com redução de 11% consequentemente dos resíduos Não Recicláveis, sendo que restos de cascas de frutas antes descartados puderam ser utilizados na composteira. A Escola dispõe de um coletor na cozinha e um coletor de uso dos alunos para que o responsável possa despejar o material coletado na composteira. O aumento da coleta de material compostável só foi possível após ser feito um trabalho de conscientização da comunidade acadêmica, por meio de informativos, nos quais era salientada a importância da reutilização dos resíduos compostáveis. Os produtos da composteira foram distribuídos para os alunos e funcionários: o húmus, que é a degradação da matéria orgânica e o chorume que é um líquido biodegradável utilizado nas plantas. As garrafas contendo o chorume doado estavam devidamente identificados e traziam instruções aos usuários de como deveriam usar o produto, já que este sempre deverá ser diluído em água na proporção 1:10.



Figura 2: Distribuição de chorume e húmus no saguão da Escola.

Contudo, o erro na segregação aumentou: foram encontrados resíduos orgânicos no saco azul e ou resíduos recicláveis no saco preto, ou seja, houve má segregação dos resíduos. Os sacos de resíduos estavam identificados por andares e setores, para que, dessa forma, fosse possível encontrar não só o erro, mas também o local onde ele foi cometido. Assim como no ano de 2018, foi detectado o erro de coleta, que é o tipo de erro no qual há retirada dos sacos de resíduos, isto é, sacos com pouco volume dentro. A Tabela 2 mostra os dados coletados em 2018.

Tabela 2 – Erro de segregação e erro na coleta em 2018.

	Erro de segregação (kg)	Erro na coleta (kg)
Saguão	1,11	0,26
2º andar	0,07	0
3º andar	0,01	0
4º andar	0,05	0,27
PS Júnior	0,1	0
CAEA	0,01	0
Cozinha terceirizados	0,37	0

No ano de 2018, o saguão da Escola de Administração foi identificado como sendo o local de maior incidência de erro de segregação: 1,1 kg, tendo em vista que é onde ocorre a maior circulação de pessoas e também onde fica localizada a lancheria. Encontrou-se, no material coletado, os seguintes erros: garrafa pet e recipiente de salada de frutas nos Não Recicláveis correspondendo 34% do erro total de segregação. No mesmo local, o valor do erro de coleta foi devido a um saco preto com quase nada dentro, no qual foi pesado totalizando 0,26 kg.

Na cozinha utilizada pelos funcionários terceirizados o erro de segregação também foi um dado relevante e foi ocasionado por restos de comida estragada no saco azul, de 0,37 kg/dia.

O erro de coleta no 4º andar do prédio ocorreu-se por um saco preto dentro do azul de 0,27 kg.

CONCLUSÕES

Diante dos resultados analisados, o grupo Gesta procurará desenvolver estratégias para que haja uma redução significativa no valor do erro de segregação, e impulsionará ações junto à comunidade acadêmica visando à conscientização acerca da importância de uma correta separação dos resíduos. O local escolhido para focar essas ações será o saguão da Escola de Administração, já que é o local de maior circulação e frequência de todos. As ações já realizadas, e que trouxeram grande contribuição como a Feira Leva & Traz e a “Geladeira Sustentável” são realizadas anualmente e devem ser constantemente aprimoradas para atrair um maior interesse dos alunos e funcionários. Novas ações corretivas serão necessárias como metas na Unidade, pois infelizmente o erro de segregação aumentou. Portanto, ações que visam à correta segregação de resíduos e o monitoramento, através do levantamento das pesagens, devem ser continuados para minimização e até redução desses impactos adversos para assim, buscar a redução dos impactos ambientais na Escola de Administração da UFRGS.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Monteiro J.H.P. et.al (2001) *Manual de Gerenciamento Integrado de resíduos sólidos*, 15nd edn, Rio de Janeiro, Brasil, pp. 1.

Furiam M.S. and Günther W.S. (2006) *Avaliação da Educação Ambiental no gerenciamento dos resíduos sólidos no Campus da Universidade Estadual de Feira de Santana.*

http://www2.uefs.br/sitientibus/pdf/35/avaliacao_da_educacao_ambiental.pdf (acesso 21 de Janeiro de 2019).

Campani D.B. (2017) *Desenvolvimento de uma ferramenta modelo para planos de gerenciamento de resíduos sólidos em Instituições de Ensino Superior e sua avaliação – Caso de Unidades Acadêmicas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.* PhD tese, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Rio Grande do Sul.

ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas (2004) NBR 10004: *Resíduos Sólidos – Classificação.*

ESTIMACIÓN DE LA GENERACIÓN DE BIOGAS A PARTIR DE ASENTAMIENTOS EN CELDA 1, RELLENO SANITARIO TECNOAMBIENTE, MIRAMAR, COSTA RICA

NIDIA CRUZ ZUÑIGA, Universidad de Costa Rica, ncruzzz@gmail.com,
nidia.cruz@ucr.ac.cr

JUAN DIEGO FERNÁNDEZ TORRES, Universidad de Costa Rica,
juand1510@gmail.com

Resumen

El aprovechamiento energético de los residuos sólidos urbanos tiene gran potencial que no está siendo explotado en Costa Rica. Aunado con ello, existe un alto impacto ambiental por el mal manejo de los gases, pues la medida más común es la quema del mismo, sin un aprovechamiento oportuno. Para la toma de decisiones respecto a este potencial aprovechamiento es indispensable estimar los volúmenes de producción, pero para ello se requiere entender los procesos de descomposición. Una forma de hacerlo es a través de los asentamientos que se producen en las celdas de los rellenos. La presente investigación fue un estudio de caso puntual para un relleno sanitario ubicado cerca de la costa pacífica de Costa Rica. Se evidenció la influencia del clima en la descomposición y se aplicaron dos modelos teóricos para la estimación del biogás. Los resultados reflejaron que, con el modelo de Emcon Associates, la cantidad de gas producido fue de 2 676 Ton/año, mientras con el modelo de Durmusogli se estimó una producción de 3 375 Ton/año, con una diferencia aceptable del 32%.

Palabras clave

Estimación de Biogás, Gestión de residuos sólidos, Rellenos Sanitarios, Asentamientos diferenciales

Abstract

The energy yield by municipal solid waste has a great potential that is not being exploited in Costa Rica. There is also big environmental impact caused by the carelessness of the collection of the biogas, the only treatment seen on most landfills are burners which turns the methane and other gases into CO₂ mainly by heat. To change the way decision making to exploit this energy is being made, it is necessary to estimate the production of profitable biogas, which leads on more understanding on how the solid waste cells decompose over time based on the local climate and residues variables. The following investigation was a punctual case based on a landfill located near the Pacific shore. The influence of the climate variables were evidential, and 2 production gas models from abroad were applied, Emcon Associates and Durmusogli giving the estimation of 2 676 Ton/year and 3 375 Ton/year respectively. The difference on the outcome between both models were 32%.

Introducción

La gestión de residuos sólidos sigue siendo un reto a nivel global. A pesar de los esfuerzos realizados para mejorar su valorización, todavía gran parte de los residuos ordinarios tienen como único tratamiento el relleno sanitario. En Costa Rica, en promedio cerca del 58% de los residuos que llegan a los rellenos son de tipo orgánico, por lo que se generan grandes retos para el manejo de la estabilidad y de la descomposición de estos residuos en las celdas. Aunado al gran potencial en la producción de biogás que es poco aprovechado.

Según la revisión bibliográfica realizada, existen pocos registros de estudios de asentamientos y generación de biogás en las condiciones del trópico, por lo que el aporte de la presente investigación es muy relevante para comparar las modelaciones teóricas con los que se refleja en la realidad. También se tuvieron enormes limitaciones respecto a la cantidad y calidad de la información disponible, reto que debe interiorizarse en la realidad latinoamericana para crear conciencia en las necesidades de monitoreo y medición.

El proyecto se desarrolla tomando como base la información topográfica, los registros históricos climáticos, las muestras de laboratorio de la DBO (demanda biológica de oxígeno) y demás información de campo que registra la empresa Tecnoambiente S.A., dueña del relleno sanitario en estudio.

En esta investigación se realizó una serie de procesos por medios computacionales, para estimar la degradación de la celda 1B del relleno sanitario del Parque Eco Industrial de Miramar, con el objetivo de determinar la cantidad de metano que se produjo en un espacio de tiempo de un año y correlacionar esta producción con las características meteorológicas de la zona.

Con base en los registros de asentamientos, se procedió a estimar la producción de metano por medio de dos modelos existentes en la literatura de la materia. Además se realizó una comparación de los registros de asentamientos con las condiciones climáticas de la zona, con el fin de probar la hipótesis de si existía una relación que acelerara el proceso de descomposición de los residuos por dichas condiciones. Se logró encontrar una relación importante con el régimen de

lluvia, no así con la temperatura; ya que las variaciones de esta variable en el sitio donde se ubica el relleno son muy leves a lo largo del año.

Objetivos

El objetivo general de la investigación fue determinar la tasa aproximada de degradación de los residuos sólidos urbanos biodegradables que se ha presentado en la celda 1B del relleno sanitario en estudio, con miras a estimar la producción de metano.

Además se trabajó con los siguientes objetivos específicos:

- Analizar la composición de los residuos que se han dispuesto en la celda en estudio, con el fin de buscar una caracterización que permita estimar la cantidad de material biodegradable presente.
- Evaluar las posibles causas de la degradación biológica acelerada de los residuos dispuestos en esta celda, en relación con las características meteorológicas presentes en el sitio.
- Estimar un aproximado de la producción de biogás que se está generando en la celda, con base en la tasa de degradación, para definir posibilidades de aprovechamiento.

Metodología

La investigación se realizó en el relleno sanitario Parque Ecoindustrial Miramar, ubicado en Miramar de Montes de Oro, Puntarenas. Este constituye un terreno con capacidad para el tratamiento de 2,5 millones de m³ de residuos, diseñado para una vida útil aproximada de 10 años y con una altura promedio de residuos de 20 a 25 metros (STC Grupo, 2011). La celda en estudio inició operaciones en 2014, y al llegar a capacidad fue cerrada; sin embargo se presentó un proceso acelerado de descomposición y asentamiento que permitió reabrir la celda pocos años después y volver a utilizar un aproximado del 50% de su volumen útil. No se tiene certeza de lo que ocasionó esta situación, pues según diseños no se esperaba que se presentara este asentamiento en tan corto plazo.

Se realizó un modelado matemático de los asentamientos totales registrados en la celda, mediante el uso de Auto Cad CIVIL 3D, y con base en los levantamientos topográficos registrados en el año de análisis. Se requirió circunscribir el análisis a solo un año, pues fue en único período donde se tenía continuidad y calidad de todos los datos disponibles. Esta es una limitante importante del proceso.

El modelado en masas fue una herramienta muy útil, pues permitió observar el cambio en toda la celda. Además se consideró una ventaja al analizar los asentamientos, pues los residuos no se dispersa homogéneamente a lo largo de la celda, lo que también ocasiona que hayan zonas que presentan más deformación que otras. Se analizó el cambio en las superficies de distintos meses, para comparar entre ellas que tanta cantidad se asentó en la vertical y con ello estimar el volumen reducido. Este tipo de análisis es muy práctico para estimar la tasa de degradación que se manifestó en un determinado tiempo.

Luego de la revisión bibliográfica y de la recopilación de los datos existentes, se procede a realizar los análisis con los siguientes pasos:

- Con base en los registros de la DBO a la salida de la celda, se estima el período en el cual se presenta la fase metanogénica de descomposición anaerobia en la celda 1B.
- Definido este lapso de análisis, se evalúan las mediciones topográficas para determinar los asentamientos (que en esta fase son principalmente por descomposición de los residuos orgánicos).
- Paralelamente, para ese período se analizan los datos climáticos (lluvia y temperatura) para determinar si hay una correlación en la aceleración de la tasa de degradación.
- Calculados los asentamientos de este tipo, se procede a aplicar los modelos de generación de biogás para tener una tasa de producción en el año de análisis.

Antecedentes teóricos

Existen muchos modelos teóricos y empíricos para estimar los asentamientos en rellenos sanitarios. En Costa Rica, un estudio de Rivera (2012) evidenció que los principales factores influyentes en el asentamiento en rellenos sanitarios son: temperatura, precipitación, altura del relleno, recirculación, tipos de residuos, contenido orgánico, humedad,

compactación, pH, densidad, compresibilidad. Estas variables cambian su comportamiento con el tiempo y es difícil tener modelos de predicción que permitan estimar los asentamientos a largo plazo.

En los primeros años de estudio de rellenos sanitarios, el asentamiento se calculaba en 3 etapas, Sowers (1973). La primera etapa inmediata ocurre por el peso mismo de los desechos o por compactadoras. Una segunda etapa regida por la disipación del agua de los poros y de los vacíos en la mezcla de desechos, puede tardar meses. Y la última etapa ocasionada por el reacomodo en el largo plazo de la mezcla de desechos, con magnitud de años. Los primeros modelos de asentamiento no consideraban la descomposición biológica, fue hasta que Manassero (1996) estableció una nueva propuesta, según la cual los asentamientos se componían de 5 etapas que pueden interponerse entre ellas o darse al mismo tiempo, estas comprenden:

- Compresión física por peso.
- Migración de pequeñas partículas a los vacíos.
- Comportamiento viscoso y consolidación.
- Asentamiento por descomposición. (Foco de esta investigación)
- Colapso de componentes debido a cambios físico-químico.

La descomposición como se observa en el modelo de Manassero, ocurre hasta la 4 fase, y como explica Vaquero (2004) es precisamente en esa fase que se manifiesta la mayor producción de CH₄ en el sistema.

Se tiene limitaciones importantes para estimar la degradación en los rellenos sanitarios ubicados en climas tropicales, pues la mayoría de modelos existentes son de países templados, con distintas condiciones climáticas y caracterización de los residuos.

La identificación de la fase metanogénica es crucial para poder estimar con mayor precisión la degradación biológica que se da en una celda. La mejor manera es basarse en la premisa de “No en todas las etapas de la digestión ocurre la digestión de la DBO. Así la hidrólisis ocurre sin variación detectable de la DBO. En general, durante la acidificación la disminución de la DBO es mínima. Por tanto, es en la metanogénesis donde ocurre las mayores disminuciones de DBO.” (Lorenzo y Obaya, 2005).

Resultados y discusión

Cálculo de los asentamientos

Se procedió a identificar las etapas donde la celda 1B trabajó en fase metanogénica, hito clave para conocer la degradación que produce metano. Las fases se representaron gráficamente comparando los valores de DBO en el tiempo, esencialmente para conocer la caída del mismo, pues las bacterias metanogénicas habitan en ambientes anaeróbicos. Determinadas estas fases, se procedió a analizar las curvas de nivel medidas en campo durante varios meses en la celda en estudio. Con ello se identificó un lapso donde se presentaba la fase metanogénica y que coincidía con el cierre temporal que se había definido para la celda en estudio. Esto es clave para el análisis, ya que durante el proceso de llenado de la celda la intervención de maquinaria genera una distorsión en los datos de asentamientos.

Con base en los levantamientos topográficos realizados se estimaron los asentamientos totales, y se trabajó con la premisa de que en ese período estos asentamientos eran mayoritariamente por degradación. Se crean 2 superficies topográficas en el software con las curvas de nivel suministradas, luego se procede a definir un límite de área “boundarie” que se utilizó luego como la superficie patrón (condición de mayo 2014). En la figura 1 se puede ver este análisis para el año en estudio:

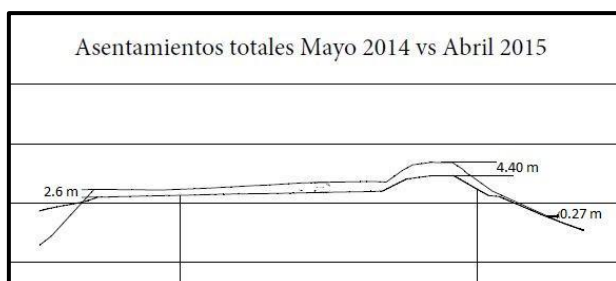


Figura 1. Perfil entre superficies.

Fuente: Datos de TecnoAmbiente, modificado por Fernández, 2018.

No se puede calcular el volumen real de la celda, pues no se cuenta con registros topográficos de la superficie inicial de la misma, por ello fue que se requirió definir el patrón mencionado. Esto conlleva a que datos de asentamiento se manejan de manera porcentual. Se usó la menor elevación en las superficies para trazar un plano de corte en los montículos, y se realizó una comparación entre cada mes individualmente para obtener el volumen variable de cada topografía realizada. Al hacer una simple operación se puede obtener el porcentual de asentamiento, basado en el volumen real que hay en la celda sobre ese plano de corte:

Volumen de Mayo 2014: 145 027 m³.

Volumen de Mayo 2015: 135 221 m³.

$$\text{Asentamiento}(\%) = \frac{V_i - V_f}{V_i} * 100 \quad (1)$$

Asentamiento bruto: 9.86 % equivalentes a 14 305.04 m³.

Estimación de la influencia del clima en la descomposición de residuos

Para analizar el efecto del clima en la descomposición, se trabajó con los datos de un año completo de mediciones en el mismo lapso para el cual se calculó el asentamiento por degradación, con el fin de asegurar que las dos estaciones climáticas del país estuvieran registradas y fuera contempladas en sus variables de temperatura y precipitación. Se comparó gráficamente los datos de asentamiento con los datos de precipitación y temperatura, para identificar cualitativamente el efecto del clima en la eficiencia de descomposición, con lo que se pudo detectar una correlación con la precipitación, no así con la temperatura.

Se utilizaron datos recopilados por la estación meteorológica propia del Relleno Sanitario, con el fin de visualizar si existía algún patrón. En la figura 2 se presentan los resultados obtenidos:

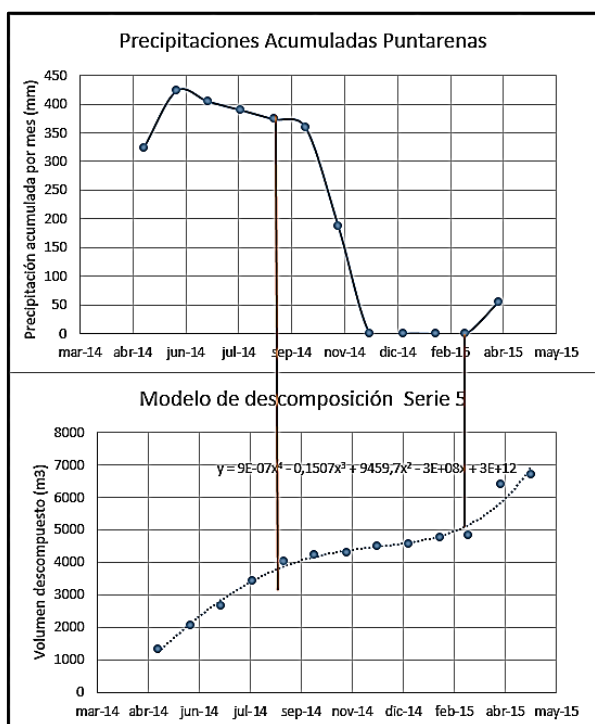


Figura 2. Correlación cualitativa entre descomposición y precipitación

Fuente: Datos de TecnoAmbiente, modificado por Fernández, 2018.

En la figura 2 se muestra ambas gráficas de precipitación y volumen degradado, donde las líneas naranjas delimitan el inicio y fin de la estación seca, demostrando que ante la disminución de la humedad en la celda, disminuye la capacidad de degradación de la materia orgánica por parte de las bacterias. En el momento que aumentan las precipitaciones la pendiente de la descomposición crece. Esto comprueba la teoría, que al haber mayor humedad en la celda, junto con las altas temperaturas, se propicia un mejor ambiente para las bacterias mesofilicas que teóricamente estarían siendo las que predominan en dicha celda.

Cálculo de la estimación de biogás

El modelo Emcon Associates (1980) dice que por cada kilogramo de CHON se produce 0.36 kg de metano. El dato de CHON presente en la celda se estimó utilizando la densidad de materia orgánica dentro de la densidad total de los residuos. Con base en ello se realizó un estimado del biogás potencialmente producido el año en el que se midió el asentamiento. Los resultados pueden verse gráficamente en la figura 3:

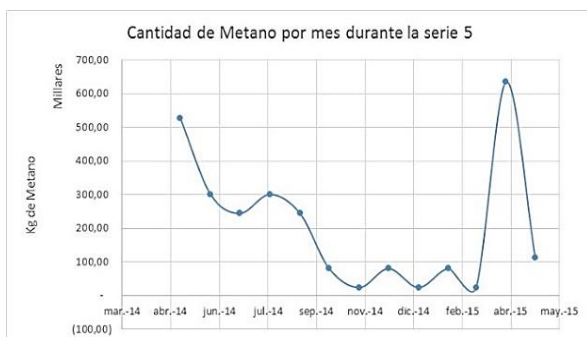


Figura 3. Cantidad de metano producido durante la serie 5 por medio del modelo de Emcom Associates.

Por otra parte, el modelo de Durmusoglu contempla el porcentaje de orgánicos y la vida útil del relleno para hacer la estimación. El modelo contempla que se calcule el potencial de gas en el tiempo, y se multiplique por una constante de producción, que en realidad es un factor de ajuste para condiciones reales y de biodegradabilidad para obtener una tasa de producción anual (Durmusoglu, 2005). Las variables de este segundo modelo se resumen en la tabla 1.

Tabla 1. Variables modelo de Durmusoglu.

Variables		
Nombre	Nomenclatura	Unidades
Fracción orgánica	A_m	kg/kg
Vida media	$t(1/2)$	años
Constante de razón de producción de gas	λ_m	$año^{-1}$
Potencial de producción de gas	$G(m,p)$	kg/m ³
Razón de producción total de gas	$\alpha(m,T)$	kg/(m ³ *año)

Fuente: Durmusoglu, 2005

Las ecuaciones de este modelo, se muestran a continuación.

$$\lambda = \frac{-\ln(0,5)}{t_{1/2}} \quad (2)$$

$$\alpha_T^m = \sum_i G_T^i A_m \lambda_m e^{-(\lambda_m * t)} \quad (3)$$

$$G_P^m = G_T A_m \lambda_m e^{-(\lambda_m * t)} \quad (4)$$

Los resultados obtenidos se presentan en la Tabla 2:

Tabla 2. Resultados modelo de Durmusogli

Variable	Símbolo	Resultado	Fuente
Fracción Orgánica	Am	0.58	PRESOL
Vida Media	$t(1/2)$ (años)	30	STC Group
Constante de razón de producción de gas	λ_m (adimensional)	0,023	Ecuación (2)
Potencial de producción de gas	G (m,p) (Kg/m ³)	530,91	Ecuación (3)
Razón de producción total de gas	α (m,T) CH ₄ (kg/m ³ *año)	7,115	Ecuación (4)

En síntesis, para los 275107,26 m³ que entraron a la celda 1B, se utiliza el dato nacional (PRESOL, 2008) de 58% de fracción orgánica, se tiene un total de 1 957 Ton de CH₄. Esta cantidad de biogás es menor comparada a la obtenida usando el modelo de Emcon Associates, esto se debe a que el modelo de Emcon es una ecuación basada en condiciones óptimas de laboratorio, mientras que el modelo de Durmusogli considera un ambiente de intemperie real. La diferencia entre ambas estimaciones es de 37%

Conclusiones

Los datos obtenidos por medios computacionales para estimar los asentamientos mediante el uso de modelaros en 3D, fueron de gran utilidad para evidenciar el progreso de la reducción de volumen.

Contar con una etapa metanogénica de la celda 1B en el preciso momento de su cierre temporal, abrió una ventana de análisis primordial para esta investigación, pues redujo considerablemente factores distractores para encontrar el asentamiento por degradación que se presentó en la celda. Los resultados obtenidos se encuentran dentro de condiciones de inactividad operativa, por lo que fue posible dar con valores de asentamientos fiables.

Se correlacionó cualitativamente el efecto de las precipitaciones en la degradación de la materia orgánica, se demostró que en los meses lluviosos hubo mayor degradación y en los meses secos la pendiente de degradación desciende, haciendo evidente su protagonismo en el asentamiento vinculado a la fracción orgánica.

Los valores de producción de metano simulados por ambas modelaciones dan resultados en el mismo orden de magnitud, diferenciados un 37% entre ellos, lo que indica que la cantidad real se encuentra entre esos rangos. Esto es importante para la investigación pues permite tener un primer acercamiento de generación de biogás, siendo un punto de comparación para futuras investigaciones, donde se realicen mediciones de campo o se tengan series históricas más largas para analizar.

Es recomendable realizar este mismo ejercicio en el momento que se dé el cierre de las demás celdas, para determinar el asentamiento con residuos más viejos y conocer el comportamiento de la degradación en el tiempo.

Referencias bibliográficas

Associates, E. (1980). *Methane generation and recovery from landfills*. Ann Harbor: Ann Harbor Science.

Durmusoglu, E. (2005). Landfill Settlement with Decomposition and Gas Generation. *Journal of Environment Engineerong*.

- Group, S. (2006). *stcgrupo*. Retrieved from <http://www.stcgrupo.com/proyectos/miramar.html>
- Lorenzo, Y., & Obaya, C. (2005). La Digestión Anaerobia. Aspectos teóricos. Parte 1. *ICIDCA Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar*, vol. XXXIX, 35-48.
- Manassero, M. (1997). Waste disposal and containment. *Proceedings 2nd International Congress Environmental Geotechnics*, (pp. 1425-1474). Osaka .
- Rivera, I. (2012). *Determinación de Asentamientos Teóricos en Rellenos Sanitarios*. San José.
- Salud, M. d. (1993). *Reglamento sobre rellenos sanitarios*. San José.
- Senior, E. (1990). Refuse decomposition. *Microbiology of landfill sites*, 17-57.
- Sower, G. (1973). Settlement of waste disposal fills. *Proc., 8th Int. Conf. on soil mechanics and Foundation Engineering Vol 2*, 207-210.
- Vaquero, I. (2004). *Manual de diseño y construcción de vertederos de residuos sólidos urbanos*.

IMPLEMENTATION OF A HOMEMADE COMPOSTING PROJECT IN A CONDOMINIUM

DARCI BARNECH CAMPANI, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, campani@ufrgs.br

REJANE MARIA CANDIOTA TUBINO, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, rejane.tubino@ufrgs.br

ANDRESSA APARECIDA PIOVEZAN, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, andressapiovezan@hotmail.com

LUIZA VIVIAN SANTOS, Universidade Federal do Rio Grande do Sul,
luiza.vs@hotmail.com

RODRIGO KANNO,
Universidade Federal do Rio Grande do Sul, rodrigokanno@hotmail.com

ABSTRACT

The present study aims to meet the Municipal Integrated Solid Waste Management Plan (MISWMP) of the municipality of Novo Hamburgo, through a project called homemade composting. The main objective is to fulfill the goals of the MISWMP during its lifetime and to report the functioning of the composting in stacks using the vermicomposting technique in a condominium, as well as its main implementation difficulties and advances. The methodology used is in situ, carried out in a residential condominium composed by 72 apartments, where from the beginning there were orientations and encompassing the residents for the project to occur. The main result is to obtain the volume of leachate (l) generated for a certain amount of organic residue (kg) decomposed and of qualitative data, such as the pH of the leachate, because in the literature these data are currently insufficient. Also, the awareness and environmental education is present, changing habits of the residents. It is concluded that the project is of extreme importance, since to compost it is necessary that the rejects be separated, as also, decrease the expenditures of the prefecture with the waste management.

Keywords: Homemade Composting, Community Composting, solid waste, Vermicomposting.

INTRODUCTION

Working on sustainability in a daily way has become an essential task for the human involvement and development, especially regarding the impacts of human activities on the environment.

Every day we become a more industrialized society and, consequently, more natural resources are demanded, which do not accompany the development logic, guided by the continuous growth and the concentration of power.

Understand only as a responsibility of the public authority's, Management of Municipal Solid Waste (MSW) after the disposal is no longer an enough environmentally logistics.

If the destination were environmentally adequate, the organic fraction would be received segregate in composting yards, as in organic waste reception centers, in residences, in condominiums, among others, transforming this organic residue into a nutrient rich compound, of great use for agriculture.

The organic fraction occupies a large proportion in the MSW, within this context, the composting is presented as a technique of local and decentralized nutritional valuation of organic residues - previously treated as rejects and destined to landfills, as a tool for reducing public spending with waste management and as a practice that encourages and instigates environmental and food awareness.

Studies indicate that the organic fraction corresponds to 60% of the residues according to the work of Carlesso, Ribeiro and Hoehne (2003), already in the work of Waskow (2015) pointed out that in the city of Novo Hamburgo/RS, the totality of gravimetric composition obtained for MSW corresponds to 57.13% organic matter.

It is noteworthy that the management of MSW works with the logic of the "polluter-payer", that is, the rejects are discarded without necessarily being made a separation and paid for the gathering, transportation and deposition of the material.

In this way, thinking about the management of solid waste with the logic of reverse consumption is a way to return responsibility for what it consumes and disposes to the population. Reverse consumption is the management of the domestic solid "in situ". It is the non-standardized and creative practices to keep it reusing and recycling in different ways and according to the space available for each home (CERCINÁ, M. 2014).

Vermicomposting comes as an alternative treatment of organic waste, environmentally friendly and inexpensive, generalizing it can be called "Organic Residue Enrichment Process". Using earthworms in the process of vermicomposting accelerates the mechanical and biological processes in the degradation of the compounds and the result of this process is a nutrient-rich compound, also called vermicompost and leachate (CARLESSO, RIBEIRO & HOEHNE, 2003).

OBJETICVE

Report the action of homemade composting in stacks through the vermicomposting technique in a condominium, as well as its main difficulties of implantation and advances.

METHODOLOGY

The Municipal Plan for Integrated Solid Waste Management (MISWMP) was elaborated for the municipality of Novo Hamburgo/RS in the year 2017. In it, proposals were made to reduce solid waste expenditures, as well as instigate and encourage the environmental awareness of the population.

The projects contained in the plan are being implemented during the validity of the project, in this study will be approached about the homemade composting project, considered a composting subprogram, as shown in Table 1, withdrawal of MISWMP.

Table 1. Homemade composting project belonging to the MPISWM

Homemade Composting Project	
Actions (What)	Disclosure, orientation and distribution of compost kits
Procedures (How to)	Elaboration and distribution of informative material. Homemade composting workshops in schools, neighborhood associations and multiplier agents.
Responsible (Who)	Municipal Secretariat of the Environment with partnerships
Deadline (When)	Immediate
Location (Where)	The entire municipality
Reason (Why)	Reducing the residues amount destined in landfill / Environmental Awareness / Production of Compost
Budget	Feasibility Study
Indicator	Number of Properties Participating / Total Number of Properties in the Municipality

The study area for the installation of this project was a residential condominium in the municipality of Novo Hamburgo consisting of 72 apartments. This condominium, among others, was chosen for the implementation of the action.

Initially there was a training, i.e., reunions and delivery of bookcases to the tenants (residents) about what the project consisted of, about their duties as residents, besides the passage of technical knowledge about what is and how the process of vermicomposting and how waste separation should be done.

The residents were instructed to place the organic waste in separate drums from the other waste containers in the parking lot of the building, these drums are collected every two days.

The bags are quantified, weighed and the material is sorted. The selected residue is placed in black boxes punctured with an upper layer of earth and earthworms of the *Eisenia Fetida Species*, better known as Red California Worm. The species was chosen by the accelerated decomposition of organic matter, transforming it into fertilizer and by the high reproduction rate. At the end of the process the boxes are stacked.

RESULTS

The homemade composting project in the condominium began in August of 2018 and at the moment there are 9 stacks with on average 5 boxes each, as can be seen in Figure 1.



Figure 1. Composting Stacks in Condominium.

Source: The author, 2019.

The last box of each set is the leachate box, liquid coming from the degradation of organic matter, having a faucet for its withdrawal.

The leachate is collected in gallons of 5 liters, as shown in Figure 2, occurring its storage, subsequently this leachate is donated to some residents and future projects in partnership with the municipality's secretariats are being formalized, for use of fertilizer by farmers.

The upper box consists of substrates and plants that have been intentionally cultivated to improve the visual aspect, as well as the odor of the environment, the remaining boxes is where organic residues are found.



Figure 2. Gallons of 5l for leachate withdrawal.

Source: The author, 2019.

The current compound is in the stabilization phase, always having new residues arriving, it is estimated that in a short period of time the first boxes will already be ready, with a quality fertilizer. The data collected from 31/08/2018 to 10/01/2019 show the total organic, rejects and leachate residues in Table 2 and data and pH of the leachate are shown in Table 3.



Table 2. Quantitative and qualitative data of composting stacks

Data	Total number of bags (unit)	New waste stacks (kg)	Rejects (kg)	Leachate (l)
	1749	1357,510	49,995	174

Source: The author, 2019.

Table 3. Data leachate pH

Date 27/09/18		Date 11/10/18		Date 25/10/18		Date 09/11/18	
Set	pH	Set	pH	Set	pH	Set	pH
1	9	1	9	1	9	1	8
2	8	2	9	2	8	2	9
3	9	3	8	3	9	3	8
4	8	4	8	4	9	4	9
5	8	5	8	5	8	5	8
		6	9	6	8	6	8
				7	8	7	8
Date 16/11/18		Date 27/11/18		Date 14/12/18			
Set	pH	Set	pH	Set	pH		
1	9	1	9	1	8		
2	9	2	8	2	8		
3	9	3	8	3	8		
4	9	4	8	4	8		
5	8	5	8	5	8		
6	9	6	8	6	8		
7	9	7	8	7	8		

8	8	8	8	8	8
---	---	---	---	---	---

Source: The author, 2019.

From the date 14/01/2019 the monitoring by stacks was initiated, this monitoring is done by kilograms (kg) of organic residues placed in each set, as well as their respective quantity of leachate. Thus, results were obtained from the quantity of leachate generated by the quantity of decomposed organic residue, as shown in Table 4.

Table 4. Monitoring dated from 14/01/2019 to 11/02/2019

Data	Stack 5	Stack 6	Stack 7	Stack 8	Stack 9	Stack 1
New Waste (kg)	56,595	45,690	34,950	42,085	55,275	24,770
Rejects (kg)	4,930	7,590	4,900	9,360	6,380	1,345
Total number of bags (unit)	62	58	74	83	56	37
Leachate (l)	40,450	28,85	13,450	17,600	5,400	NC

NC: Not collected. Source: The author, 2019.

The main difficulties encountered in the condominium is the location of the barrels of organic waste by staying in the parking lot, along with the other containers of the condominium. To transport these drums to the courtyard where the compost stacks are located, a path is required. This route is long, with ramps and ladders, the full drums become very heavy and in humid or rainy days descend the stairs is dangerous.

The posture of the person performing the tasks of weighing, counting and sorting bags are complicated because the boxes that will receive these new waste are at floor level and the person usually squatting, Figure 3 and 4 show an example of a drum loaded up to the composting yard.



Figure 3 e 4. Barrels with organic residues in the composting yard Source: The author, 2019.

Initially it was using larger boxes, which were being replaced by smaller boxes over time, due to their volume, making them too heavy to remove or place them in the stacks. Figure 5 and 6 show when you have to mix the old material from the boxes, where these boxes have to be all taken out of the stacks and mixed, manually. When new residue arrives it also has to be opened stacks, lift boxes, replace them, put them back in the stacks, and for that, a great effort is needed.



Figure 5 e 6. Disassembled stacks for mix

Source: The author, 2019.

The main advances in the design of homemade composting is in question of the automation and mechanization of these composting stacks, in partnership with a reference school of the municipality, since it is expected that mechanizing the system, more condominiums will be able to join the project, because the demand for deployment exists.

It is worth mentioning that, the residents have access to compost stacks in the condominium courtyard, as well as many take their doubts, attracting curiosity to the project, which for many, is a new process. The quantitative data are made available to residents, as shown in Figure 7, driving them to continue collaborating for the success of the action.




COM O PROJETO "AVALIAÇÃO DA MODERNIZAÇÃO E ADEQUAÇÃO DO TRATAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS NO MUNICÍPIO DE NOVO HAMBURGO" IMPLANTADO NO CONDOMÍNIO, VOCÊ SABE QUANTOS QUILOS DE RESÍDUO ORGÂNICO ESTÃO EM NOSSAS PILHAS DE COMPOSTAGEM?

✓ SÃO 1585 KG!

PARABÉNS!!! VOCÊ MORADOR, ESTÁ CONTRIBUINDO COM O MUNICÍPIO E COM O MEIO AMBIENTE!!! CONTINUE COLABORANDO E REPASSE ESSA AÇÃO PARA MAIS PESSOAS ADOTAREM!






Figure 7. Informative pamphlet

Source: The author, 2019.

CONCLUSION

It is noted that there was a good acceptance by the tenants and that they are collaborating for the success of the project, the residues usually come with good segregation, however it is noticeable in the data that the screening is an important stage even if in a condominium, because always other type of residue is mixed with organic residues. Nothing that, greater emphasis on environmental awareness/education does not improve.

The data is being satisfactory, since the implementation of the project is already 1585.420 kg of organic residues that no longer goes to sanitary landfills, bringing a great result that is the production of compound (compost and leachate).

There are some difficulties encountered, but the search for improvements is constant and the greatest difficulty is the transport of drums from parking lot to the composting yard, the person's posture when performing the steps of counting, weighing, sorting and subsequent mixing new residues with earthworms. The mixture of the materials contained inside the boxes is another problem, due to the large physical effort demanded, because the stacks of boxes need to be assembled and disassembled, manually, one by one, being always full.

It is concluded that this homemade composting project carried out in the condominium is of extreme importance for the fulfillment of the goals contained in the MPISWM of the municipality, also in the part of environmental education that involves the residents and, in the academic area, because it is also considered an experiment, where from this, data are being obtained for future publications that are not currently found in literature reviews.

REFERENCES

Carlesso, Wagner Manica; Ribeiro, Rosecler; Hoehne, Lucélia. (2011). Tratamento de resíduos a partir de compostagem e vermicompostagem. *Revista Destaques Acadêmicos*, Ano 3, N. 4 - Cetec/univates, Univates, (105-110).

Cerciná, Marília. (2014). *Consumo reverso: Compostagem caseira com cultivo de horta urbana na região Central de Porto Alegre, RS*. Trabalho de conclusão do curso de Especialização em Educação e Sustentabilidade. Universidade Estadual do Rio Grande do Sul, UERGS. <http://www.snis.gov.br/diagnostico-residuos-solidos/diagnostico-rs-2016>. (Accessed: 09/02/2019).

Waskow, Régis Pereira. (2015). *ASTM D5231 aplicada à caracterização da composição gravimétrica dos resíduos sólidos urbano: estudo de caso: Novo Hamburgo, RS*. 131 f. Dissertação de Mestrado - Curso de Programa de Pós Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e Materiais, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, UFRGS. <https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/115271>. (Accessed: 05/02/2019).

ESTRUTURAÇÃO DE INDICADORES EM PLANOS MUNICIPAIS DE GESTÃO INTEGRADA DE RESÍDUOS SÓLIDOS (PMGIRS)

GABRIEL CARDOSO ÁVILA, UFRGS, gabrielc.avila@hotmail.com.br

Abstract

Since the year of 2010, with the law nº 12.305 sanction, the Solid Waste National Politics (PNRS), the cities should elaborate a Municipal Integrated Solid Waste Management Plan (PMGIRS) in order to access the Union fund. About 52% of the population already have this plan, until the last Ministério do Meio Ambiente (MMA) update, showing the need for scientific researches to corroborate the construction and monitoring of the PMGIRS. In view of this fact, and complying with Subsection VI, Art. 19 of the PNRS, some indicators of solid waste were structured to assist the decision making of municipal governments for an efficient implementation of the actions and if the actions are having the expected result within the stipulated period. The objective of initiating a glossary of indicators for PMGIRS, as it exists through the National Sanitation Information System (SNIS), with new indicators was successfully met as a result of this work,, although they are initiatory indicators of implementation of the plan and its performance, and may be better detailed in the future and in other spheres of sustainability, such as social and economic.

Palavras-chave: Indicadores; Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos; Resíduos sólidos.

Introdução

O uso de indicadores de desempenho já é difundido nas esferas econômica e social, porém, há uma lacuna a ser preenchida no campo de meio ambiente, mais precisamente, a respeito de resíduos sólidos devido a tendência das indústrias e órgãos públicos de buscarem o desenvolvimento sustentável.

No Brasil, esta lacuna começou a ser preenchida com mais intensidade em âmbito de políticas públicas a partir de 2010, de acordo com a Lei nacional nº 12.305, que dispõe da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS). Assim, todo o município poderá ter acesso a recursos da União para o uso em propostas na temática de resíduos sólidos, se estiver em vigência um Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PMGIRS) com o conteúdo mínimo descrito no Art. 19, na qual, em seu inciso VI estabelece a obrigação de “indicadores de desempenho operacional e ambiental dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos” (Brasil, 2010). Desde então, 52,4% da população brasileira já contam com este plano em sua cidade, porém 59,7% (3245 de 5570) dos municípios ainda não realizaram o PMGIRS, conforme mostra a Figura 1 (MMA, 2015).



Figura 1. Gráfico de municípios que já elaboraram o PMGIRS (MMA, 2015).

Os indicadores são importantes para o funcionamento pleno de um plano porque expressam em números os resultados prévios e finais de qualquer processo com eles se identificam falhas, metas alcançadas e se o sistema empregado é confiável, transparente e se atende as necessidades dos gestores (Caridade *apud* Lages & França, 2010).

Sabe-se, então, que o indicador é uma grande ferramenta para quantificar, analisar, simplificar, comunicar resultados e tomar decisões baseadas em fatos e modelos estatísticos (Piovezan *et. al*, 2018), contudo, o campo de pesquisa sobre indicadores é escasso no país. Portanto deve-se haver estudos que endossem o uso de indicadores para que tenha o melhor acompanhamento e implementação dos planos, buscando uma melhoria contínua para o desenvolvimento sustentável (Tomasoni, 2006).

Objetivos

Em vista disso, o presente trabalho tem por objetivo a formulação de indicadores já existentes em planos, porém não tão esclarecidos, e o de apresentar novos indicadores que sejam úteis para os gestores, buscando sempre a primazia dos serviços prestados pelo poder público e a melhoria contínua para alcançar a sustentabilidade.

Metodologia

O presente trabalho foi realizado através de uma revisão sistemática da literatura pela metodologia de Galvão & Pereira (2014), seguindo 8 passos: Elaboração da pergunta de pesquisa; busca na literatura; seleção dos artigos; extração dos dados; avaliação da qualidade metodológica; síntese dos dados; avaliação da qualidade das evidências; e redação e publicação dos dados.

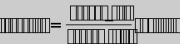
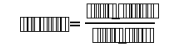
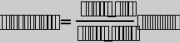
A base de dados consultada foi a disponibilizada pelo SNIS (Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento). Existem 47 indicadores para resíduos sólidos já desenvolvidos por este sistema, e foi baseado nestes indicadores que as fórmulas foram desenvolvidas e simplificadas para uso amplo para qualquer PMGIRS. Foram revisados alguns planos municipais de gestão integrada de resíduos sólidos para que os indicadores gerados nesse trabalho possam atender qualquer plano.

A nomenclatura utilizada para cada indicador desenvolvido teve o intuito de, ao ler, poder identificar do que tal índice se propõe, sem precisar memorizar códigos. Por exemplo, o indicador **ILog** é referente ao Indicador de **Logística Reversa**.

Resultados e Discussão

Identificou-se a necessidade de estipular alguns indicadores simples e básicos para compreender se a implementação das ações do PMGIRS está tendo sucesso em relação a sua abrangência, portanto, chegou-se a Tabela 1.

Tabela 1. Lista de indicadores de implementação do plano

Fórmula	Legenda	Un.
	IPlan = Indicador de execução do Plano ao passar do tempo Met_at = Metas atingidas Met_tot = total de metas até o período	%
	IRej = Indicador de Rejeitos REJ_Seg = Total de residuo segregado como rejeito durante a triagem que chega ao aterro (ton) RSU_Tot = Total de residuos sólidos urbanos coletado pela prefeitura (ton)	%
	IPRR: Indicador do Projeto para Residuos Recicláveis POP_at: População atendida pelo projeto. POP_tot: População total (urbana e rural) do municipio.	%
	IRSet: Indicador de residuos de determinado setor Set_plan: nº de planos de gerenciamento de residuos sólidos de determinado setor protocolados (unidade) Set_est: nº de estabelecimentos de determinado setor (unidade)	%
	IEAEsc = Indicador de educação ambiental em escolas Esc_at = total de escolas atendidas com algum projeto de educação ambiental Esc_tot = Total de escolas	%
	ILog = Indicador de Logística Reversa MAT_Col = Material Coletado (unids.) MAT_Com = Material comercializado (unids.)	%

O **IPlan** é o indicador que demonstra se as ações estão sendo tomadas e obtendo resultados ao longo do tempo, tendo em vista que todos os projetos têm um prazo para serem executados. Ressalta-se que o nº de metas é acumulativo conforme se passam os períodos, de tal modo que no início do plano só se usa no cálculo as metas imediatas, e no final dele se usam os períodos imediato, curto, médio e longo (podendo ser estendido). O **IRej** indica a fração de todo Resíduo Sólido Urbano que é tratado como Rejeito. Quanto menor for a fração, significa que melhor a segregação na fonte geradora e na triagem. Este é o único indicador, da tabela 1, cujo a interpretação do resultado se dá menor = melhor. Então oferece um panorama geral de como a população se relaciona com seus resíduos. O **IRRec** é o indicador que mostra o quanto o projeto de coleta seletiva já está em execução e disponível para toda a população, seja ela urbana ou rural, buscando o índice 100% para assim manter. Temos ainda a necessidade, imposta pelo art. 20 da PNRS, de que determinados setores elaborem planos de gestão de seus resíduos – sendo os seguintes setores: construção civil, saúde, saneamento, materiais químicos ou perigosos, agrossilvopastoris, transportes, mineração e industrial (BRASIL, 2010) – e para isto se utiliza o indicador **IRSet**. O indicador **IEAEsc** se diz respeito à educação ambiental (EA) sobre resíduos sólidos nas escolas municipais, a fim de poder, com ações de um projeto, contemplar toda a comunidade escolar, nisso se incluem professores, diretores, alunos ou familiares. O indicador de logística reversa é chamado de **ILog**, os dados do cálculo variam de acordo com o resíduo, para assim concentrar esforços no resíduo que menos retorna de forma adequada para o seu tratamento.

Após analisar se o plano está sendo concretizado na cidade, pode-se partir para o âmbito de um indicador para avaliar os efeitos sentidos com a aplicação do plano e monitorar sua evolução. A Tabela 2 expõe tais indicadores.

Tabela 2. Lista de indicadores de desempenho ambiental do plano.

Fórmula	Legenda	Un.
$\frac{\text{Rej_Seg}}{\text{Hab_Tot}}$	IHRej = Indicador de Rejeitos per capita Rej_Seg = Total de residuo segregado como rejeito durante a triagem que chega ao aterro (kg) Hab_Tot = Nº de habitantes total (Hab)	kg/hab
$\frac{\text{RSU_Zn}}{\text{Hab_Zn}}$	IRSU(Z) = Indicador de resíduos sólidos urbanos em uma zona de coleta. RSU_Zn = Total de RSU coletado em determinada zona (kg) Hab_Zn = Nº de habitantes da zona (hab)	kg/hab
$\frac{\text{POP}_n}{\text{Pop_part}}$	ISat = Indicador de satisfação de um determinado público POP_n = nº de pessoas que deram determinada resposta n = satisfeito (3), indiferente (2), insatisfeito (1) Pop_part = total de pessoas participantes	Nº
$\frac{\text{Ativ_atu}}{\text{Ativ_ant}}$	IEAEsc(t) = Indicador de evolução das ações de educação ambiental nas escolas em um período de tempo Ativ_atu = nº de atividades/encontros realizadas(os) em um período de tempo atual nas escolas Ativ_ant = nº de atividades/encontros realizadas(os) em um mesmo período de tempo no ano anterior nas escolas	%

Um bom controle de desempenho das atividades ao longo do tempo é o cálculo de rejeitos *per capita*, através do indicador **IHRej**. Por esse indicador é possível acompanhar o impacto positivo dos projetos desenvolvidos como um todo com a diminuição da relação kg/hab. Portanto, quanto menor for o número, melhor é o indicador. Com base nesse índice, pode-se estimar a vida útil de um aterro sanitário e dimensionar melhor toda unidade de transbordo e triagem de resíduos. O **IRSU(Z)** é o indicador para avaliar a quantidade de resíduos gerados em uma zona de coleta, ou seja, por roteiro realizado. Ao saber a quantidade de resíduos coletadas, pode-se estimar o quanto cada habitante daquela região produz de resíduos por dia. Com essa informação, o poder municipal pode voltar maior atenção para diminuir o indicador da zona. Pode ser usado para comparar a geração de resíduos em áreas das mais diferentes classes socioeconômicas. O **ISat** nada mais é do que um indicador de percepção da população em relação ao que se está sendo executado pelo PMGIRS. A escala vai de 1 a 3 buscando sempre evoluir para chegar o mais próximo de 3, na qual encontra-se uma sociedade satisfeita com as ações da prefeitura. O indicador interessante para poder estabelecer meta de trabalho na educação ambiental é o **IEAEsc(t)**, na qual se verifica se houve evolução em números de encontro para educação ambiental em escolas em um determinado período de tempo. Sabendo que diminuir o papel da educação ambiental na formação dos escolares é o retrocesso, busca-se sempre progredir com as atividades, dando cada vez mais ênfase à importância de preservar o meio ambiente através da EA. Este indicador pode ser lido tanto como maior = melhor, quanto igual = melhor, dependendo da meta e de suas justificativas.

Conclusão

Foram apresentadas fórmulas de modo que elas sejam entendidas não somente a partir de sua esfera na sustentabilidade (ambiental, social ou econômico), e sim, também, pelas suas atribuições para auxiliar o gestor. Neste caso, com sucesso, foram definidos indicadores próprios para avaliações da implementação de um PMGIRS e de avaliação de seus impactos para a sociedade e gestão do poder público. Com base nos resultados que pode-se obter dos indicadores, os responsáveis podem traçar metas, construir uma série histórica e concentrar esforços para os indicadores mais negativos.

Muito ainda se pode detalhar os indicadores para que possam cumprir também com as especificidades de cada plano. Para os trabalhos posteriores indica-se a elaboração e organização de indicadores sociais e econômicos atrelados ao PMGIRS, pois sabe-se que é um campo incipiente na literatura brasileira.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL. Lei 12.305/2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Brasília: DOU, 2010.

MMA – Ministério do Meio Ambiente. Planos Municipais de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos. Brasília: MMA, 2018. Disponível em: <http://sinir.gov.br/planos-de-residuos-solidos/planos-municipais-de-gestao-integrada-de-residuos-solidos> Acesso em: 29 jan. 2019.

Piovezan, A. A., Ávila, G. C., Dutra, W. T., Campani, D. B. e Tubino, R. M. C. Uso de indicadores aplicados para a gestão de resíduos sólidos. In: 7º Seminário de Inovação e Tecnologia do IFSul. Sapucaia do Sul: IFSul, 2018.

Tomasoni, M. A. (2006). Contribuição ao estudo de indicadores ambientais. *Revista Geonordeste*, **15**(12), 90-117.

R.T.S. Lages, S.L.B. França. Definição e análise de indicadores através do conceito do triple bottom line. In: XXX ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO. Anais... São Carlos, 2010.

GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS DE PAPEL NA UNIVERSIDADE DE CAXIAS DO SUL/RS - BRASIL: ESTUDO DE CASO

SOFIA HELENA ZANELLA CARRA, Universidade de Caxias do Sul, shzcarra@ucs.br

DENISE PERESIN, Universidade de Caxias do Sul, veschnei@ucs.br

VANIA ELISABETE SCHNEIDER, Universidade de Caxias do Sul, veschnei@ucs.br

ADELMAR POSTO MERBA, Universidade de Caxias do Sul, adelmarnpostomerba@yahoo.com.br

WILLIAM LUAN DECONTO, Universidade de Caxias do Sul, wdeconto@ucs.br

Abstract

Through the Environmental Sanitation Institute (ISAM), the University of Caxias do Sul (UCS) develops the Paper Project, which consists on the specific management of solid waste in the institution aiming its recycling and the investment of the collected resources on the improvement of its environmental management system. The Project started at nineties decade and its restructuring began in the year of 2013. In 2015, through the revitalization of Paper Project – Phase 2, the administrative department of the University of Caxias do Sul (UCS), was selected to the implantation of the project, as experimental scale. Beginning with the application of a questionnaire on the 33 departments that compose the institution administrative department, there were defined the collectors characteristics to be acquired for the project as well the structuring of the strategy for these waste management. Through training activities, the involved actors have received the instructions to the project realization. During the first month, there were collected 527 kg of paper, with a weekly media of 131,7 kg, but until this moment there are not its commercialization. The collaborators receive with a monthly frequency, digitally, information about the project and in addition curiosities about the subject. There was observed the potential expansion of the Paper Project to the other institution departments, since these are waste of easy segregation and storage, besides its attractive added value for sale.

Palavras chave: Instituição de Ensino Superior, Gerenciamento de resíduos; Projeto Papel.

1 Introdução

O processo de fabricação do papel, ao longo dos tempos, passou por mudanças importantes, passando a ser produzido em escala industrial, através do uso de máquinas com alto grau de automação e produtividade. Com a maior produção, maior passou a ser o seu

consumo e a geração de resíduos. Nos últimos anos, a reciclagem de papel em escala industrial tornou-se uma atividade estabelecida, não apenas por ser uma prática economicamente interessante, mas também por diminuir o consumo de recursos naturais não renováveis e impedir seu acúmulo em aterros sanitários (SCHNEIDER e MUHLEN, 2011).

O desenvolvimento da consciência ecológica, em diferentes camadas e setores da sociedade mundial, acaba por envolver também o setor da educação, a exemplo das Instituições de Ensino Superior (IES). No entanto, ainda são poucas as práticas observadas nas IES, as quais têm o papel de qualificar e conscientizar os cidadãos formadores de opinião de amanhã (TAUCHEN e BRANDELI, 2006).

Segundo Rodrigues, Oliveira e Pilatti (2007), as universidades brasileiras ainda encontram inúmeros obstáculos para incorporar a dimensão ambiental à formação de recursos humanos, devido a fatores, como abordagem da questão ambientais de forma setorial, multidisciplinar e estudos de caráter técnico, em detrimento dos aspectos epistemológicos e metodológicos.

Na década de 90, a UCS iniciou o “Projeto Papel”, com o lema: “Ajude a biblioteca da UCS, vamos trocar papel velho por livros novos”. Inicialmente a proposta previa o acondicionado do papel gerado em caixas de papelão, com sacos plásticos de cor azul, as quais eram distribuídas em diferentes setores administrativos da Universidade. Os materiais eram comercializados e a renda revertida para a compra de livros.

Uma vez que a quantidade de papel gerada mostrou-se expressiva e com potencial de ser ampliada, em 2013, iniciou-se o processo da revitalização do referido projeto e a renda passou a ser revertida para a manutenção do Programa de Gerenciamento de Resíduos Sólidos da Universidade.

Frente ao exposto, o presente trabalho tem por objetivo apresentar o programa de gerenciamento de resíduos de

papel, intitulado “Projeto Papel”, instituído e gerenciado pelo ISAM/UCS, bem como apresentar e avaliar os resultados obtidos a partir da revitalização do projeto.

2 Metodologia

Fase 1 – No ano de 2013, foi realizado um diagnóstico aprofundado e uma avaliação sobre o gerenciamento dos resíduos recicláveis em uma unidade experimental da UCS, localizada junto ao Centro de Ciências Exatas e Tecnologia (CCET), composta por quatro edificações que contemplam salas de aula, secretarias e laboratórios.

Fase 2 - No ano de 2015, iniciou-se a estruturação do Projeto Papel na unidade administrativa da UCS, onde está localizada a Reitoria. Para realização do diagnóstico nesta unidade, foi aplicado um questionário junto aos 33 setores, composto por 10 perguntas com vistas a coleta de informações referentes aos resíduos de papel, como: tipologia de geração (confidencial - aqueles que contenham informações restritas com dados pessoais ou institucionais - e não-confidencial), quantidades geradas, forma de acondicionamento e coleta, bem como do nível de conhecimento dos colaboradores a respeito da destinação final destes. Os questionários foram aplicados entre os meses de maio e junho de 2016, juntamente com a observação direta e registro fotográfico realizado pelos entrevistadores. As informações obtidas foram tabuladas e avaliadas para a proposição das ações de revitalização do Projeto.

Após a análise dos dados, foram definidas as estratégias e adquiridos coletores específicos para instalação junto a unidade administrativa. A equipe responsável pela higienização e o transporte interno de resíduos, bem como os demais colaboradores, participaram de uma capacitação onde receberam informações sobre a segregação adequada do papel, o fluxo de coleta, destinação final e sustentabilidade do projeto.

3 Resultados e discussões

O resultado do diagnóstico realizado na Fase 1, apontou a representatividade de cada tipologia de resíduos gerados no montante total, em especial do papel subsidiando, dessa forma, a definição do modelo de coletor ideal para os resíduos de papel, junto ao Projeto Papel, conforme apresentado na Figura 1.

Os coletores (Figura 1) foram instalados nas salas administrativas da unidade experimental juntamente com um cartaz contendo orientações sobre o projeto e de exemplos de tipos dos papéis que são recicláveis e não-recicláveis.



Figura 1. Coletor e cartaz do Projeto Papel – Revitalização Fase 1

Os coletores (Figura 1) foram instalados nas salas administrativas da unidade experimental juntamente com um cartaz contendo orientações sobre o projeto e de exemplos de tipos dos papéis que são recicláveis e não-recicláveis.

Na Fase 2 do Projeto de revitalização, os resultados obtidos com a aplicação de questionários nos 33 setores que compõem o edifício administrativo (Reitoria) identificou-se a quantidade e tipo de coletores necessários a serem adquiridos, conforme é apresentado na Figura 2.

Na Fase 2 do Projeto de revitalização, os resultados obtidos com a aplicação de questionários nos 33 setores que compõem o edifício administrativo (Reitoria) identificou-se a quantidade e tipo de coletores necessários a serem adquiridos, conforme é apresentado na Figura 2.



Figura 2. Resumo de resultados etapa de diagnóstico – distinção de coletores – Fase 2

Conforme observa-se pela Figura 2, constatou-se a necessidade de aquisição e instalação de 36 coletores, atendendo os 33 setores administrativos, com volumes variáveis, estimados conforme as características da geração de papel em cada setor. Os diagnósticos feitos com os resultados obtidos dos setores que compõe o edifício administrativo mostraram o seguinte: 76% dos setores, geram resíduos não confidenciais ao passo que 3% dos setores geram resíduos confidenciais e 21% dos setores geram os dois tipos de resíduos (confidencial e não confidencial). Os coletores foram adquiridos pela Universidade de Caxias do Sul (UCS), e entregues aos geradores na última quinzena de julho de 2017, por meio de uma cerimônia de lançamento do projeto.

Conforme observa-se pela Figura 2, constatou-se a necessidade de aquisição e instalação de 36 coletores, atendendo os 33 setores administrativos, com volumes variáveis, estimados conforme as características da geração de papel em cada setor. Os diagnósticos feitos com os resultados obtidos dos setores que compõe o edifício administrativo mostraram o seguinte: 76% dos setores, geram resíduos não confidenciais ao passo que 3% dos setores geram resíduos confidenciais e 21% dos setores geram os dois tipos de resíduos (confidencial e não confidencial). Os coletores foram adquiridos pela Universidade de Caxias do Sul (UCS), e entregues aos geradores na última quinzena de julho de 2017, por meio de uma cerimônia de lançamento do projeto.

A definição dos modelos dos coletores foi realizada considerando características como, durabilidade, estética e custo do material. Os coletores obtidos são de coloração azul, conforme determinado na Resolução Conama 275/2001, confeccionados em PEAD de média densidade, dotados de uma tampa móvel com abertura central e saco de coloração azul. Para fins de padronização, foram definidos volumes específicos, 15 L para os setores que declararam baixa geração de papel e 65 L para os que declararam alta geração. Os modelos dos coletores são apresentados na Figura 3.

Figura 3. Modelo de coletores adotados

Ao serem instalados os coletores foram acompanhados de um cartaz, onde são identificadas as tipologias dos papéis que devem ser encaminhados para reciclagem e aqueles que não devem ser encaminhados. Esta especificação foi adotada a partir dos diagnósticos realizadas nos setores da implementação do projeto, que informaram a necessidade de maiores informações sobre reciclagem. Os setores que geram papéis confidenciais e não possuem picotadores, são orientados a segregá-los em coletores devidamente identificados para esta finalidade. A solicitação para coleta deve ser encaminhada diretamente ao Instituto de Saneamento Ambiental (ISAM), que os descaracteriza na Central de

armazenamento de Resíduos da UCS utilizando uma picotadora industrial.

O Gerenciamento do Projeto Papel, cujo fluxograma é apresentado na Figura 4, é composto por 11 etapas, estruturadas de forma a atender a legislação vigente, associado a melhoria da característica do resíduo segregado, visando o aumento no valor agregado para posterior comercialização. As etapas do sistema de gerenciamento foram apresentadas aos diferentes atores que participam do projeto (colaboradores, higienizadores, motoristas, cargos de gestão, etc), através de atividades de capacitação, coordenadas pelo Instituto de Saneamento Ambiental (ISAM).

Os resultados do Projeto Papel são encaminhados em meio digital mensalmente aos colaboradores, acompanhado de curiosidades relacionadas ao tema.

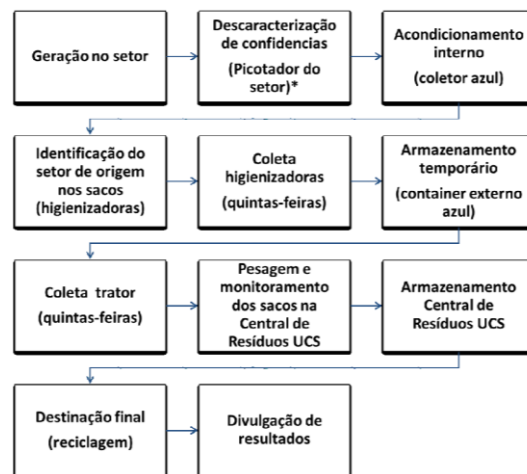


Figura 4. Fluxograma do projeto

Conforme apresentado no Fluxograma da Figura 4, os resíduos de papel são acondicionados em coletores específicos, coletados e identificados, no setor de geração, semanalmente pelos funcionários da higienização e armazenados temporariamente em um abrigo externo, anexo a unidade administrativa (Reitoria).

Posteriormente os resíduos de papel são coletados no abrigo externo e encaminhados a Central de Armazenamento de Resíduos da UCS, onde estes são pesados e os resultados são registrados, conforme o setor de origem. Esgotada a capacidade de armazenamento na Central de Armazenamento de Resíduos da Universidade de Caxias do Sul (UCS), solicita-se a coleta por terceiros e encaminhados para reciclagem. Ressalta-se que o valor adquirido com a venda do papel é destinado, integralmente, na melhoria

do sistema de Gerenciamento Ambiental da UCS, com vista à expansão do Projeto Papel na instituição.

A quantidade de resíduos de papel gerada entre os anos 1991 a 2018 está apresentada na Figura 5.

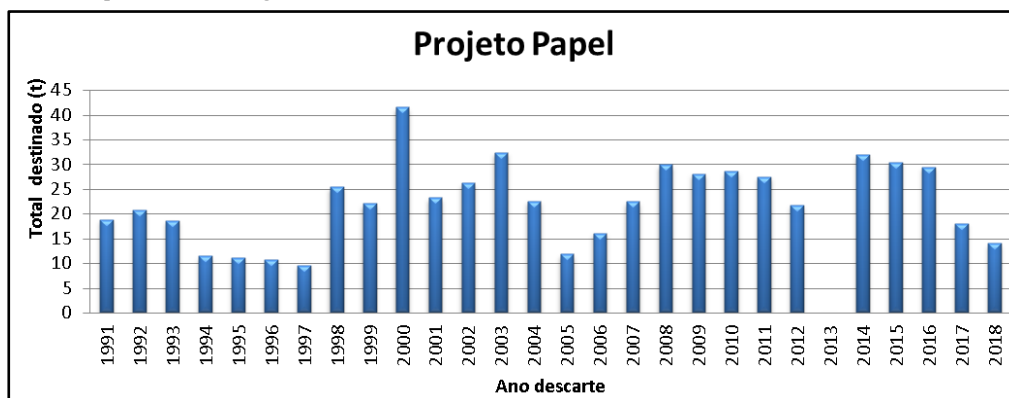


Figura 5. Quantidade de papel destinado para reciclagem no período de 1991 – 2018

A Figura 5 apresenta que, mesmo o projeto estando ativo em poucos setores e sem muito empenho na execução durante algum período, a quantidade de papel destinada para reciclagem mostrou-se significativa ficando em média entre 20 e 25 toneladas por mês. No ano de 2013 não houve registro de geração destes resíduos por isso há uma falha no gráfico. De 2014 a 2016, logo após a revitalização do projeto, a média passou a ser de 30 t/mês, nos anos seguintes 2017 e 2018 a média caiu pela metade ficando em aproximadamente em 15 t/mês, isso se deve ao fato da Instituição implementar políticas de baixa geração de papel permitindo o envio e recebimento de documentos eletrônicos proporcionando assim uma baixa geração de resíduos sólidos.

4 Conclusões

Pelos resultados, ambientais e financeiros, obtidos até o momento, bem como pelo porte da Universidade, observou-se a potencialidade de expansão deste para os demais setores da instituição, visto que os resíduos de papel são de fácil segregação e armazenamento, além do valor agregado para venda ser atrativo. Observou-se que a adesão e engajamento dos colaboradores ao projeto tem sido satisfatória. Todavia, o monitoramento contínuo e a realização de atividade de sensibilização devem ser realizados periodicamente.

Visando a expansão do projeto, observa-se a necessidade de melhoria no instrumento de coleta de informações, a fim de mensurar, de forma mais concreta, os seus resultados.

Referências

SCHNEIDER, Anelise; MUHLEN, Carin von. Caracterização cromatográfica de compostos orgânicos presentes nos resíduos sólidos provenientes de indústria de reciclagem de papel e sua aplicação na produção de briquetes de carvão vegetal. *Quím. Nova*, São Paulo, v. **34**, n. 9, p. 1556-156, Sept. 2011. Available from <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422011000900014&lng=en&nrm=iso>. access on 18 Feb. 2019.

DRUZZIAN, E. T. V.; SANTOS, R. C. Sistema de gerenciamento ambiental (SGA): buscando uma resposta para os resíduos de laboratórios das instituições de ensino médio e profissionalizante. *Revista Liberato*, Rio Grande do Sul, vol. **7**, pp. 40 - 44, 2006.

RODRIGUES, C. R. B.; OLIVEIRA, I. L.; PILATTI, L. A. Abordagem dos resíduos sólidos de serviços de saúde na formação acadêmica em cursos da área da saúde. In: Congresso Internacional de Administração, Gestão Estratégica para o desenvolvimento sustentável, 17 a 21 de setembro, Ponta Grossa, 2007.

TAUCHEN, J.; BRANDLI, L. L. A Gestão Ambiental em Instituições de Ensino Superior: modelo para implantação em Campus universitário. *Revista Gestão e Produção*, vol. **13**, nº. 3, pp. 503-515, setembro – dezembro, 2006.

DIAGNÓSTICO DA GERAÇÃO DE RESÍDUOS AGROSSILVOPASTORIS, BIOMASSA E POTENCIAL DE BIOGÁS EM ANTÔNIO PRADO – RS/BR

SOFIA HELENA ZANELLA CARRA, Universidade de Caxias do Sul, shzcarra@ucs.br

DENISE PERESIN, Universidade de Caxias do Sul, veschnei@ucs.br

VANIA ELISABETE SCHNEIDER, Universidade de Caxias do Sul, veschnei@ucs.br

BIANCA BREDA, Universidade de Caxias do Sul, bbreda@ucs.br

ABSTRACT: The state of Rio Grande do Sul (RS) has a significant contribution to the national agricultural production, in which much is due to the development of technological innovations, to the vertical integration system and to the industrial production model. However, these changes have led to an increase in the amount of agrossilvopastoral waste in small areas which, aligned with the inadequate management and the large load of organic matter contained in wastes that causes gas emissions, origin imminent impacts on the environment. The municipality of Antônio Prado is located in the northeastern region of the state, with 1 036 agricultural establishments. To determine the production of the different agricultural crops, data from the Brazilian Institute of Geography and Statistics (IBGE) was used, comprising the period from 2014 to 2017. Calculation of biomass generation, estimated waste generation, as well as methane, was performed using the methodology defined by IPEA (2012). The most representative crops in the municipality were: grape, corn, apple and onion, which together correspond to 86% of the total crop, generating an average production of 52 000 tons per year and originating an average of 21 500 tons of annual wastes in the city. In livestock, poultry activity corresponds to 97% of activities, followed by cattle and (2%) and swine (1%). Combined, they generate around 182 000 tons of waste per year and may produce more than 2 000 000 m³ of biogas per year.

Palavras-chave: Resíduos sólidos, Agrossilvopastoril, biogás.

1.- INTRODUÇÃO

O Estado do Rio Grande do Sul (RS) possui, historicamente, uma expressiva contribuição para a produção agropecuária nacional, no qual muito se deve à adesão de inovações tecnológicas da indústria de máquinas e de insumos, além de modernização dos sistemas utilizados na pecuária e adoção de novas técnicas de cultivo. Segundo a Fundação de Economia e Estatística (FEE, 2017), em 2014, o Estado do Rio Grande do Sul contribuía com 11,6% do total do Valor Adicionado Bruto (VAB) da agropecuária brasileira, ocupando a primeira posição no *ranking* nacional. Ainda segundo o mesmo autor, no ano de 2014, a agricultura representou 69% do VAB e a pecuária 26%, demonstrando que a agropecuária no Estado possui grande importância por ser parte do agronegócio primário, que se interliga aos setores à montante e à jusante, gerando uma economia sistêmica.

Conforme exposto por IPEA (2012), as mudanças ocorridas no setor pecuário, como o sistema de integração vertical, onde uma única empresa passa a controlar toda uma cadeia de pequenos produtores e, no modelo de produção industrial, com alta taxa de concentração de animais e alta taxa de conversão alimentar, além da mecanização dos processos, proporcionou o aumento da quantidade de dejetos em pequenas áreas, que demandam sistemas eficazes de tratamento. No entanto, apesar da modernização e crescimento do setor pecuário no Estado do Rio Grande do Sul, este não tem acompanhado a gestão de resíduos sólidos gerados, cuja gestão inadequada pode provocar impactos iminentes ao meio ambiente. Cita ainda, que a grande quantidade de resíduos agrossilvopastoris gerados em pequenas áreas, associados ao trato digestivo dos bovinos e a grande carga de matéria orgânica contida nos dejetos, produzem gases que contribuem com o efeito estufa, como: dióxido de carbono, metano e óxido nítrico. Do ponto de vista social e ambiental, a gestão inadequada destes resíduos ainda pode causar a eutrofização dos recursos hídricos, contaminação do solo, proliferação de vetores e aumento de custos com saúde pública e tratamento da água.

Com vistas à minimização destes impactos, cita-se a potencialidade de conversão da biomassa em energia renovável, permitindo o aproveitamento do metano sob a forma de biogás. Esse sistema, além de promover a gestão adequada dos

resíduos agrossilvopastoris, resulta em melhorias nas esferas ambiental e econômica considerando a utilização de biodigestores na geração de energia alternativa nas propriedades rurais (IPEA, 2012).

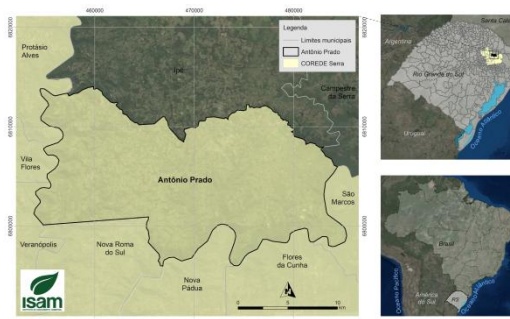
De acordo com a Política Nacional de Resíduos Sólidos – PNRS (BRASIL, 2010), os resíduos agrossilvopastoris são aqueles gerados nas atividades agropecuárias e silviculturais, incluídos os relacionados a insumos utilizados nessas atividades. Estes podem ser divididos em: orgânicos (resíduos de culturas, pecuários e florestais) e inorgânicos (embalagens de agrotóxicos e fertilizantes). Coloca ainda que os geradores de resíduos agrossilvopastoris, não tem obrigatoriedade de elaborar o Plano de Gerenciamento referente ao gerenciamento desses. Todavia, cabe ao poder público realizar o controle e a fiscalização das atividades pecuárias a fim de minimizar os impactos ambientais associados e visando promover a sustentabilidade dessas atividades que contribuem de forma econômica e social com a região.

2.- OBJETIVO

Apresentar o diagnóstico da geração dos resíduos agrossilvopastoris gerados no município de Antônio Prado – RS, bem como uma avaliação do potencial de geração de biomassa e metano (biogás).

3.- METODOLOGIA

O município de Antônio Prado localiza-se na região nordeste do Estado do Rio Grande do Sul, conforme apresentado na Figura 1, e abrange uma área de 348 km².



Para determinar a produção das diferentes culturas agrícolas de Antônio Prado, utilizou-se uma série de dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas (IBGE), compreendendo o período de 2014 a 2017 para culturas temporárias e permanentes.

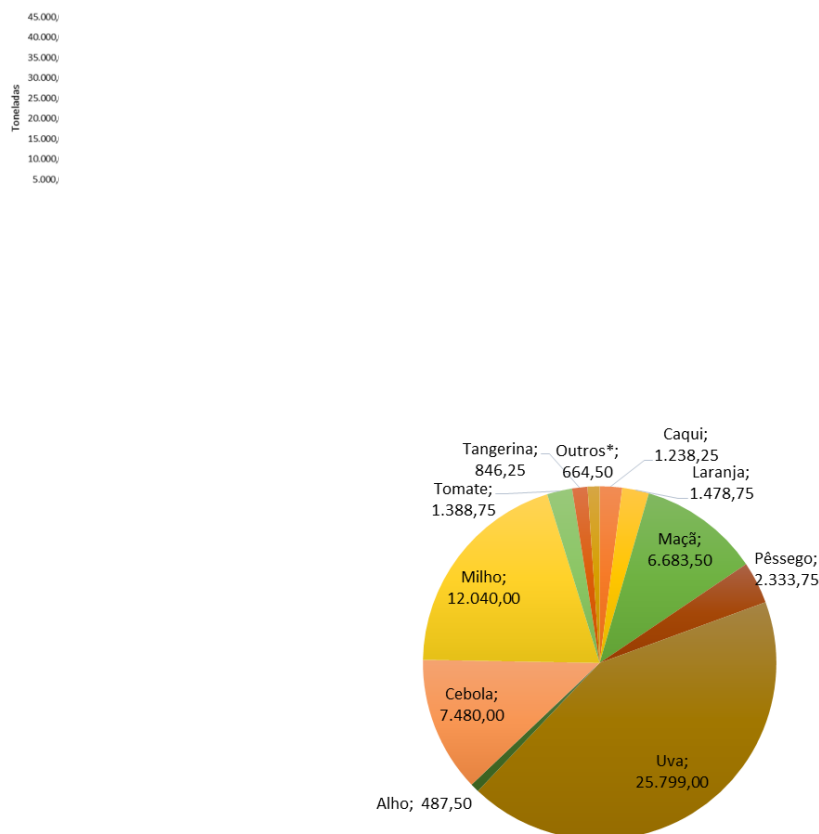
O cálculo da geração de biomassa foi realizado através das perdas de colheita, por quantidade produzida. A geração de biomassa foi obtida a partir dos valores de referência da Associação Brasileira das Indústrias de Biomassa – ABIB (2011) para as culturas de: amendoim, caqui, maçã, goiaba, laranja, tangerina, uva, milho e feijão cultivados no ano de 2010. Para a cultura de mandioca, utilizou-se o levantamento realizado pela Empresa de Pesquisa Energética – EPE (2014). Ressalta-se que, neste trabalho, não foi realizada a quantificação do potencial de geração de biogás através da biomassa dos resíduos de vegetais, considerando que esses são geralmente convertidos em composto orgânico nos locais de produção.

A estimativa de geração de dejetos, bem como de metano, pelas atividades pecuárias, foi realizada a partir da metodologia definida pelo IPEA (2012) para os rebanhos de aves, bovinos e suínos no município de Antônio Prado.

4.- RESULTADOS E DISCUSSÃO

Antônio Prado possui 12.833 habitantes (IBGE, 2010) e 1.036 estabelecimentos agropecuários (IBGE, 2017), cujo setor primário corresponde a 16% da economia do município, com destaque para as atividades de cultivo de uva, maçã e milho e a avicultura de corte.

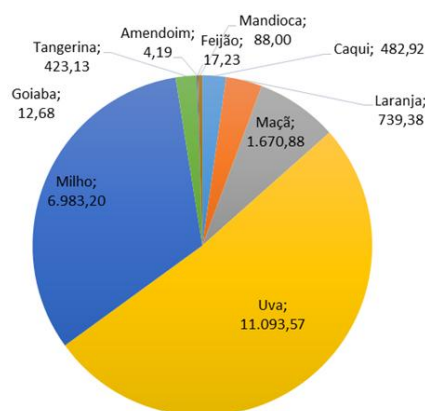
A produção do setor agrícola é apresentada na Figura 2 e a média anual da colheita por tipo de cultura é apresentado na Figura 3.



Conforme observado nas Figuras 2 e 3, as culturas mais representativas no município são: uva, milho, maçã e cebola, que juntas correspondem a 86% do cultivo total, gerando uma produção média de 52.000 toneladas por ano. Em um panorama geral, o país vinha com um crescente significativo na produção de culturas, à não ser em 2016, onde esse número diminuiu expressivamente, decorrente do clima irregular deste ano, no qual prejudicou muito as safras (G1, 2016).

A geração de resíduos sólidos provenientes das principais culturas agrícolas produzidas no Município de Antônio Prado é apresentada na Tabela 1 e a geração média anual de resíduos durante o período analisado é apresentado na Figura 4.

Cultura	2014	2015	2016	2017	Total
Caqui	514.80	725.40	147.42	544.05	1 931.67
Laranja	840.00	688.00	712.50	717.00	2 957.50
Maçã	1 696.50	2 009.50	543.75	2 433.75	6 683.50
Uva	10 073.18	13 979.30	3 852.80	16 469.00	44 374.28
Milho	3 915.00	8 560.80	7 728.50	7 728.50	27 932.80
Tangerina	420.00	420.00	423.50	429.00	1 692.50
Goiaba	15.60	11.70	11.70	11.70	50.70
Amendoim	3.72	3.72	4.65	4.65	16.74
Feijão	6.36	19.08	21.73	21.73	68.90
Mandioca	80.00	80.00	96.00	96.00	352.00

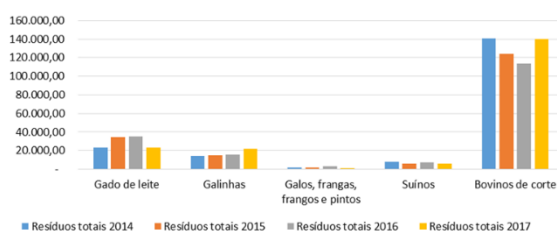


Conforme observado na Tabela 1, no ano de 2016, a geração e resíduos apresentou redução, se comparada aos anos anteriores, resultado da baixa produtividade e consequente retração da economia evidenciada nesse ano (G1, 2016). De acordo com a Figura 4, é gerado um média 21 500 toneladas de resíduos por ano no município, sendo os principais: uva (51%), milho (32%) e maçã (7%).

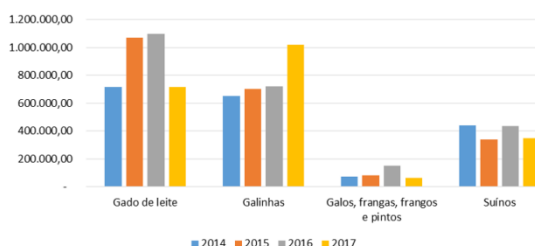
A Tabela 2 apresenta o rebanho das principais atividades pecuárias realizadas no estado do Rio Grande do Sul entre os anos de 2014 e 2017.

Animais	2014	2015	2016	2017
Bovinos de corte	12 378	10 911	9 962	12 326
Gado de leite	2 457	3 664	3 759	1 969
Galinhas	222 278	238 837	245 724	347 527
Galos, frangas, frangos e pintos	319 331	369 606	674 476	278 357
Suínos	14 720	11 450	14 600	11 676

Conforme observado na Tabela 2, a atividade avícola corresponde a 97% das atividades pecuárias realizadas, seguida pela atividade de bovinocultura (2%) e suinocultura (1%). Diferente do setor da agricultura, a pecuária não foi tão afetada pela retração no ano de 2016, mantendo-se regular durante o período analisado. A produção total de resíduos sólidos do setor pecuário de Antônio Prado e o potencial de geração de metano são apresentados nas Figuras 5 e 6, respectivamente.



Conforme observado na Figura 4, apesar da avicultura se apresentar em maior número, por serem animais de pequeno porte, proporcionalmente são as que menos geram resíduos do setor pecuário (aproximadamente 17 000 t/ano). Enquanto as atividades de bovinocultura e suinocultura produzem, respectivamente, 158 000 t/ano e 7 000 t/ano de dejetos, mesmo possuindo uma quantidade de animais bem inferior, se comparado a avicultura. Isso se deve a maior produção de dejetos associado a estas. Desse modo, a pecuária como um todo pode gerar, em média, 182.000 toneladas de dejetos por ano.



A geração de metano é diretamente proporcional à quantidade de dejetos gerada pelos animais, o que destaca a atividade de bovinocultura com o maior potencial de produção de biogás, variando entre 700 000 e 1 100 000 m³ por ano. Seguidamente, a atividade avícola, apresenta variação entre 700 000 e 1 000 000 m³ de biogás gerado, seguido pela atividade suinícola, com 300 000 até 450 000 m³ no decorrer dos anos avaliados. Considerando o potencial volume de geração de metano através das atividades pecuárias do município, se convertido à energia elétrica, este poderia abastecer 500 pessoas durante o ano inteiro, de acordo com o consumo médio per capita do Estado do Rio Grande do Sul (EPE, 2017).

5.- CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados apontam a potencial geração resíduos de origem vegetal e animal, bem como as estimativas de geração de biomassa e biogás. Considerando estes resultados, produtores e poder público, podem avaliar de utilização dos mesmos para investimentos a serem realizados no município. É importante salientar que o inadequado gerenciamento dos resíduos agrossilvopastoris, associado a não exigência legal da elaboração do Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos, potencializam os possíveis impactos ambientais associados a estas atividades econômicas. Observa-se a necessidade de orientar e sensibilizar os agricultores e pecuaristas sobre os impactos associados a estas atividades, apresentando boas práticas visando uma gestão sustentável das atividades. A transformação da biomassa em biogás constitui-se em uma destinação mais nobre dos resíduos agrossilvopastoris, além de contribuir com a geração de energia e substituição, mesmo que parcial, da matriz energética atual.

6.- REFERÊNCIAS

ABIB - Associação Brasileira das Indústrias de Biomassa e Energia Elétrica (2011). Inventário Residual do Brasil. <https://pt.calameo.com/books/000200968cc3a949579a0/> (acessado 10 fevereiro 2019)
 CEPEA - Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada, (2018). PIB do agronegócio brasileiro. <https://www.cepea.esalq.usp.br/br/pib-do-agronegocio-brasileiro.aspx/> (acessado 10 fevereiro 2019)

EPE - Empresa de Pesquisa Econômica (2014). Inventário energético de resíduos rurais. <http://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-251/topico-308/DEA%2015%20-%2014%20-%2020Invent%C3%A1rio%20Energ%C3%A9tico%20de%20Res%C3%ADduos%20Rurais%5B1%5D.pdf/> (acessado 10 fevereiro 2019)

EPE - Empresa de Pesquisa Econômica (2017). Anuário estatístico de Energia Elétrica de 2017. <http://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-160/topico-168/Anuario2017vf.pdf/> (acessado 17 fevereiro 2019)

FEE - Fundação de Economia e Estatística (2017). Painel do Agronegócio do Rio Grande do Sul. <https://www.agricultura.rs.gov.br/painel-do-agronegocio/> (acessado 9 fevereiro 2019)

G1 - Globo Comunicações e Participações (2016). Agronegócio sente crise e perde empregos, produção e receita. <https://g1.globo.com/economia/agronegocios/noticia/agronegocio-sente-crise-e-perde-empregos-producao-e-receita.ghtml/> (acessado 9 fevereiro 2019)

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2018). PPM: Pesquisa da Pecuária Municipal. <https://www.ibge.gov.br/estatisticas-novoportal/economicas/agricultura-e-pecuaria/9107-producao-da-pecuaria-municipal.html?=&t=resultados/> (acessado 9 fevereiro 2019)

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2018). PAM: Produção Agrícola Municipal. <https://www.ibge.gov.br/estatisticas-novoportal/economicas/agricultura-e-pecuaria/9117-producao-agricola-municipal-culturas-temporarias-e-permanentes.html?=&t=resultados/> (acessado 9 fevereiro 2019)

IPEA - Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, (2012). Diagnóstico dos Resíduos Orgânicos do Setor Agrossilvopastoril e Agroindústrias Associadas.

O IMPACTO ECONÔMICO E AMBIENTAL DA DESTINAÇÃO DE RESÍDUOS ORGÂNICOS EM ATERROS SANITÁRIOS

ALCIONE APARECIDA DE ALMEIDA ALVES, UFFS, alcione.almeida@uffs.edu.br

ALINE RAQUEL MÜLLER TONES, UFFS, aline.tones@uffs.edu.br

SAIONARA ELIANE SALOMONI, UERGS, saionara-salomoni@uergs.edu.br

VANIA ELISABETE SCHNEIDER, UCS, veschnei@ucs.br

MARGARETE SPONCHIADO, UERGS, margarete.sp@hotmail.com, margarete-sponchiado@uergs.rs.gov.br

ABSTRACT

The correct management of urban solid waste has been discussed in Brazil in recent years, especially after the implementation of Federal Law No. 12,305 / 2010, which establishes the National Solid Waste Policy (NSWP) in Brazil. However, compliance with said Law even after eight years of its existence is still very deficient, both in terms of the final destination of solid urban waste (SUW) to sanitary landfills at the expense of controlled landfills and dumps, when care is taken only waste from landfills, in order to maintain the capacity to receive on-site waste over the years, as well as reduce public expenditures with waste disposal. In this sense, the objective of the present study was to evaluate the economic impacts resulting from the disposal of organic waste in landfills. The methodology used for the evaluation of data related to SUW management in municipalities in the state of Rio Grande do Sul consisted of systematic integrative analysis. The results showed that, although organic waste was destined for landfills in the municipalities evaluated, public investments could be better applied if organic waste composting was instituted in the place and / or municipality where the waste was generated. reuse and recycling of nutrients in the soil and would also contribute to the longer life of landfills.

Keywords: compostagem, resíduos orgânicos, gestão de resíduos sólidos urbanos.

INTRODUÇÃO

A Lei Federal Nº 12.305/2010 institui no Brasil a PNRS. Tal lei denomina o gerenciamento de resíduos sólidos como um conjunto de ações exercidas, direta ou indiretamente, nas etapas de coleta, transporte, transbordo, tratamento e destinação final ambientalmente adequada dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos, de acordo com plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos ou com plano de gerenciamento de resíduos sólidos, exigidos na forma desta Lei. A PNRS cita ainda, que a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos como um conjunto de atribuições individualizadas e encadeadas dos fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes, dos consumidores e dos titulares dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo dos resíduos sólidos, para minimizar o volume de resíduos sólidos e rejeitos gerados, bem como para reduzir os impactos causados à saúde humana e à qualidade ambiental decorrentes do ciclo de vida dos produtos.

Nota-se ainda que a PNRS corrobora com o descrito na ABNT NBR Nº 8.419/1992, a qual define aterros sanitários, como a técnica de disposição de resíduos sólidos urbanos (RSU) no solo, sem causar danos ou riscos à saúde pública e à segurança, minimizando os impactos ambientais, método este que utiliza os princípios de engenharia para confinar os resíduos sólidos ao menor volume permissível, cobrindo-os com uma camada de terra na conclusão de cada jornada de trabalho ou a intervalos menores se for necessário.

Assim fica explícito na PNRS e na ABNT NBR Nº 8.419/1992 que deverão ser destinados aos aterros sanitários os resíduos classificados como rejeitos, ou seja aqueles resíduos que não poderão voltar a cadeia produtiva, evitando assim comprometer o tempo de uso da área do aterro devido a destinação de resíduos que poderia ser reaproveitados previamente a sua destinação final.

Porém a realidade brasileira tem demonstrado que a situação da disposição de resíduos sólidos está aquém do necessário para que se tenha de forma efetiva uma gestão adequada destes resíduos. De acordo com pesquisa da Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE), os números referentes à geração de RSU revelam um total anual de 78,4 milhões de toneladas no país, o que demonstra uma retomada no aumento em cerca de 1% em relação a 2016. O montante coletado em 2017 foi de 71,6 milhões de toneladas, registrando um índice de cobertura de coleta de 91,2% para o país, o que evidencia que 6,9 milhões de toneladas de resíduos não foram objeto de coleta e, conseqüentemente, tiveram destino impróprio.

No tocante à disposição final dos RSU coletados, o Panorama não registrou avanços em relação ao cenário do ano anterior, mantendo praticamente a mesma proporção entre o que segue para locais adequados e inadequados, com cerca de 42,3 milhões de toneladas de RSU, ou 59,1 % do coletado, dispostos em aterros sanitários. O restante, que corresponde a 40,9 % dos resíduos coletados, foi despejado em locais inadequados por 3.352 municípios brasileiros, totalizando mais 29 milhões de toneladas de resíduos em lixões ou aterrosx controlados, que não possuem o conjunto de sistemas e medidas necessários para proteção do meio ambiente contra danos e degradações, com danos diretos à saúde de milhões de pessoas. Os recursos aplicados pelos municípios em 2017 para fazer frente a todos os serviços de limpeza urbana no Brasil foram, em média, de R\$10,37 por habitante por mês (ABRELPE, 2017).

Tal cenário de torna menos complexo ao compreender que mais de 50% dos RSU produzidos são orgânicos e portanto poderiam ter sua destinação final em lixões, aterros controlados ou aterros sanitários evitada, pois a reutilização destes resíduos nas residências, instituições públicas e privadas devem ser incentivadas, valorizadas e disseminadas no Brasil.

OBJETIVO

Este estudo teve por objetivo geral avaliar os impactos econômicos resultantes da disposição de resíduos orgânicos em aterros sanitários e os impactos ambientais da disposição destes resíduos em lixões e aterros controlados.

METODOLOGIA

O estudo foi realizado por meio da análise sistemática integrativa, que consiste no método que proporciona um resumo do conhecimento e a inclusão dos resultados de estudos relevantes na prática (DE SOUZA et al., 2010)

Para tanto, foram analisados: i) documentos físicos cedidos por Prefeituras Municipais do Estado do Rio Grande do Sul, nos quais buscou-se mensurar as despesas anuais com a gestão de resíduos sólidos urbanos. Foram analisados documentos de coleta urbana e despesa mensal de RSU do ano de 2016 – dois anos após a obrigatoriedade de não disposição de resíduos sólidos em lixões conforme previsto na PNRS; ii) artigos científicos publicados em periódicos indexados e trabalhos publicados em anais de eventos sobre o histórico da gestão de resíduos sólidos em municípios do Estado do RS. Os valores gastos em relação aos dois municípios avaliados foram expostos nos cenários I, II.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Cenário I – Município da região das Missões

De acordo com Engel et al. (2018), em uma comparação do primeiro trimestre dos anos 2016, 2017 e 2018 em relação a gestão de RSU no Município de Cerro Largo/RS, constatou-se uma redução de aproximadamente 50% dos gastos com a gestão dos RSU no município da região das Missões se comparado aos anos de 2017 e 2016 (Tabela 1).

Tabela 1: Custo de destinação final dos resíduos sólidos

Anos	Custo trimestral (R\$) (Jan-Mar) de destinação final de resíduos sólidos	Tipo de resíduos ABNT: 10.004/2004
2016	155.902,25	Orgânicos, rejeitos e recicláveis.
2017	153.058,25	Orgânicos, rejeitos e recicláveis.
2018	76.529,12	Orgânico e rejeitos.

Tal redução, segundo os autores, está diretamente relacionada ao início das atividades de coleta seletiva no município, pois a partir de 2018, os resíduos recicláveis foram encaminhados à cooperativa de catadores de materiais recicláveis e os resíduos orgânicos e rejeitos tem sido destinados a aterro sanitário.

Mas, apesar de constatado que a coleta seletiva possibilitou uma notável redução de custos com a destinação dos resíduos sólidos e que tal prática possibilitou ainda, o atendimento a Lei Federal Nº 12.305/2010 no tocante ao estímulo da prática da coleta seletiva e da criação de cooperativas de catadores de materiais recicláveis promovendo consequentemente a valorização social e a cidadania, por meio da geração de trabalho e renda (ALVES et al., 2018), nota-se que os custos podem ser reduzidos e os impactos ambientais e econômicos minimizados.

Considerando a composição dos resíduos sólidos urbanos domiciliares (Figura 1) conforme descrito pela ABRELPE (2016), cerca de 50% dos resíduos produzidos são orgânicos. Estes resultados corroboram com os valores apresentados na Tabela 1, no entanto os custos com a destinação final destes resíduos e o impacto ambiental negativo de sua destinação poderiam ser minimizados ao considerar a possibilidade de compostagem dos resíduos orgânicos produzidos nas residências.

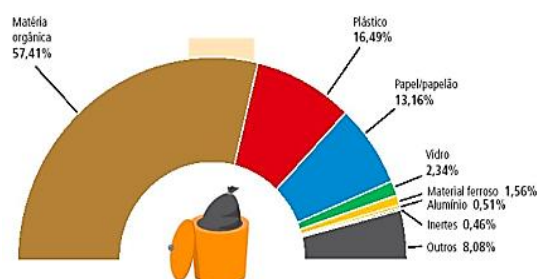


Figura 1. Geração de resíduos sólidos no Brasil.
Fonte: ABRELPE (2016).

Cenário I I– Município da região centro sul do RS

O município de Tapes, com cerca de 17mil habitantes e que enviou em 2016 ao aterro sanitário 2.483.29 toneladas, e gastou R\$ 372.394,17 ao ano para dispor no aterro sanitário Minas do Leão. Considerando que 57.41% dos resíduos sólidos são orgânicos, foram gastos cerca de R\$ 213.791,49 com a destinação final de resíduo orgânico.

Tais resíduos, quando não contaminados podem ser compostados e gerar adubo, pois em geral os solos apresentam de baixo a médio teor de teor de matéria orgânica, em contrapartida o país importa cerca de 80% de adubos da formulação NPK.

Tabela 2: Quantidade e custo de Resíduos enviados a aterro sanitário em 2016 no município de Tapes.

Anos	Custo anual de destinação dos resíduos	Custo anual – somente resíduos orgânicos (R\$)
2018	372.394,17*	213.791,49

Nota: O custo está relacionado à destinação de 2.483,29 toneladas para aterro sanitário.

Ao enviar os resíduos orgânicos passíveis de compostagem ao aterro sanitário existe uma perda ou privação ambiental de nutrientes contidos nestes resíduos. Tal ação contribui negativamente com o reciclo de nutrientes nos solos e pode indicar maiores gastos com a aquisição de nutrientes. Destaca-se que o incentivo a compostagem neste local pode ser promovido conjuntamente às atividades que o município realiza no que tange a construção de hortas nas escolas municipais, consequentemente contribuirá para a conscientização ambiental e possibilitará a reutilização dos resíduos orgânicos.

CONCLUSÃO

Os resultados obtidos de fontes oficiais, entretanto sabe-se que muitos dos resíduos gerados não chegam a ser coletados e, portanto a avaliação poderia estar subestimada.

Constatou-se que nos municípios analisados os resíduos orgânicos são destinados a aterro sanitários e considerando que aproximadamente 57% da produção de RSU são orgânicos, o incentivo a compostagem reduziria custos de destinação final destes resíduos. Não obstante, impactos ambientais negativos poderiam ser evitados ao considerar o aumento do tempo de vida útil dos aterros sanitários, bem como o reciclo de nutrientes, tais como NPK ao solo.

Por fim, constatou-se que incentivar a destinação adequada dos RSU, não somente, mas em especial dos resíduos orgânicos avaliados neste estudo poderá contribuir com a melhor gestão dos gastos públicos impactando positivamente na economia e no meio ambiente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alves, A. A. A., Tones, A. R. M., Botelho, L. L. R., Scherer, L. Conexões Sustentáveis: universidade e sociedade em prol da gestão de resíduos sólidos urbanos. in: XXXVI Congreso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, 2018.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. ABNT NBR nº 8.419: apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos. Rio de Janeiro: ABNT, 1992.

Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT NBR nº 10.004 - Resíduos sólidos - classificação. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

Brasil. Decreto nº 5.940, de 25 de outubro de 2006. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2004-2006/2006/Decreto/D5940.htm (acesso em 05 de fevereiro de 2018).

Brasil. Lei nº 12.305, de 02 de agosto de 2010. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato20072010/2010/Lei/L12305.htm (acesso em 05 de fevereiro de 2018).

De Souza, M. T., Da Silva, M. D., De Carvalho, R. (2010) Revisão integrativa: o que é e como fazer. Einstein, 8(1), p. 102-6.

Engel, A. E. J. ; Alves, A. A. A. ; Tones, A. R. M. ; Botelho, L. L. R. ; Salomoni, S. E. . Estimativa dos benefícios da reciclagem proporcionados pelos catadores no município de Cerro Largo/RS. In: XXXVI Congreso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, 2018, Guayaquil - Ecuador. XXXVI Congreso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, 2018.

DISCUSSÃO QUANTO À DEPOSIÇÃO CLANDESTINA DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO CIVIL EM BELO HORIZONTE (BRASIL)

RAPHAEL TOBIAS DE VASCONCELOS BARROS, Universidade Federal de Minas Gerais, raphael@desa.ufmg.br
HENRIQUE SILVA SILVEIRA NETO, DESA – UFMG, netoh204@gmail.com

ABSTRACT

A gestão dos vários tipos de resíduos sólidos precisa ser ajustada às diferentes etapas de cada processo. Os resíduos de construção civil constituem uma dificuldade pelas enormes quantidades geradas (indevidamente) e dispostas (ilegalmente), com potencial degradador. Em Belo Horizonte, embora tenha havido iniciativas para melhorar a situação, constata-se que a gestão não tem a eficiência necessária. Este estudo, baseado nos dados numéricos oficiais da cidade desde 2000 e em estudos acadêmicos, mostra como vem evoluindo a situação dos lançamentos clandestinos, cujos impactos e custos não são pequenos. Além de problemas político-administrativos, a falta de cooperação e de respeito por parte dos usuários agrava o problema. Discutem-se tendências de uma realidade que conta com bons regulamentos mas não consegue que sejam respeitados. A cidade apresenta inúmeros pontos de lançamento ilegais, a despeito de contar com bons elementos administrativos e de instalações cuja capacidade está aquém de suas necessidades. A consciência cidadã deverá ser um ponto-chave na melhora da situação.

PALAVRAS-CHAVE: gestão de resíduos de construção, ilegalidade e controle

INTRODUÇÃO

A disposição final adequada dos resíduos sólidos (RS) vem se tornando um grande desafio das grandes metrópoles brasileiras, juntamente com políticas de minimização e fiscalização. Seja pela indisponibilidade de áreas compatíveis para a implementação de equipamentos urbanos de grande porte, seja pela forma correta a tratá-los, este gerenciamento ainda tem dificuldades em tentar reverter a problemática que envolve a disposição inadequada de vários tipos de resíduos.

Em sua composição, constata-se a predominância dos resíduos de construção civil (RCC), misturados aos resíduos domésticos, orgânicos (mais de 50% dos domésticos, em massa) e inorgânicos. Da composição gravimétrica dos mesmos, nota-se um alto potencial de reaproveitamento e reciclagem dos materiais depositados, se segregados, mas no estado em que se encontram nada mais resta do que o aterramento como solução sanitariamente adequada.

Mesmo com medidas preventivas e corretivas, o volume de resíduos removidos de vias expressas, por exemplo, ou dragados das margens de córregos é alto. Em relatório de limpeza urbana de 2009 da Superintendência de Limpeza Urbana (SLU/PBH), quando ainda eram divulgados custos unitários de serviços, estimou-se que, adotando o valor médio, foram gastos R\$ 4.854.690,17 com serviços de remoção de resíduos desta natureza, valor considerado alto. Segundo o PMGIRS (2017), em 2013 cerca de 27,41% dos resíduos de construção e volumosos (RCCV) coletados eram oriundos da disposição clandestina, o equivalente a 107.341,02 toneladas. De acordo com a PBH (2018), cerca de 900 toneladas de resíduos foram removidas de córregos da capital mineira no mês de agosto de 2018.

OBJETIVOS

Analisar o impacto da deposição clandestina de resíduos sólidos em Belo Horizonte (MG) e refletir sobre proposições de reversão da problemática que a envolve.

METODOLOGIA

Foram pesquisadas referências acadêmicas e oficiais (de níveis federal, estadual e municipal), através de endereços eletrônicos. Com os dados obtidos da SLU, autarquia municipal responsável pela limpeza urbana da cidade, foram elaborados fluxogramas, gráficos e tabelas, de que foram feitas interpretações. Também foram feitas visitas a equipamentos urbanos que fazem parte do

ciclo de gestão de RCC em Belo Horizonte, como, por exemplo, Unidades de Recebimento de Pequenos Volumes (URPVs) e Estações de Reciclagem de Entulho (EREs), como podem ser visualizados no mapa da Figura 1.

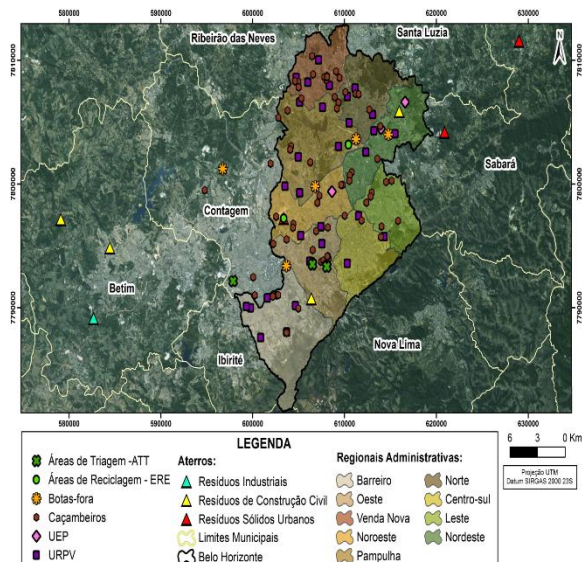


Figura 1. Distribuição e localização de equipamentos e instalações de gestão de RCC em BH e região (2016)

Fonte: Resende (2016)

A gestão dos RS em geral – e, em particular, dos de construção civil - no Brasil ainda se mostra difícil, reforçada pela Lei 12.305/10. A ênfase segue dada à disposição final: aos aterros só deveriam ser direcionados os rejeitos, definidos pela própria lei brasileira como “os RS que, depois de esgotadas todas as possibilidades de tratamento e recuperação por processos tecnológicos disponíveis e economicamente viáveis, não apresentem outra possibilidade que não a disposição final ambientalmente adequada” (BRASIL, 2010). É imperativo praticar as demais etapas da gestão (evitar, reduzir, reciclar, tratar).

Fotografia1. Deposição indevida de RS em terreno baldio e às margens de via de acesso

Fonte: Autores

RESULTADOS

Belo Horizonte foi inaugurada em 1897 como nova capital de Minas Gerais. Nestes 120 anos, sua população, prevista originalmente atingir um equilíbrio com 400.000 moradores, segundo o Censo de 2010 chegava a quase 2.400.000 habitantes (IBGE, 2010). Nos últimos anos, refletindo o boom econômico pelo qual passou o país, tem experimentado significativa conurbação e verticalização acentuada de áreas consolidadas. Como centro da administração do Estado, pólo econômico, sua região metropolitana, com mais de 5.800.000 de habitantes, concentra por volta de 40% do PIB estadual (IBGE, 2010), financeiro e cultural (Barros *et al.*, 2014).

Concernente à problemática dos RS, observam-se muitas iniciativas positivas de cunho operacional - coleta convencional de RS domésticos em mais de 96% da população, destinação adequada há mais de 20 anos. Por outro, a reciclagem é tímida, o apoio a catadores já foi maior, não há políticas para minimizar a produção de RS, a população colabora pouco, como é observado na Fotografia 1.

Constata-se que a gestão de RS no município tem evoluído: no início com a mera deposição dos resíduos a céu aberto e sua queima; posteriormente, com a introdução de biestabilizadores e o recurso a aterro então controlado; mais recentemente, a compostagem windrow (modo artesanal) dos resíduos orgânicos de alguns estabelecimentos comerciais (sacolões, feiras e supermercados), a restrita coleta seletiva, as estações de reciclagem de entulhos, o estabelecimento de Locais de Entrega Voluntária (LEV), das URPVs (objeto desta discussão), e com a implantação de aterro sanitário (BARROS *et al.*, 2014). Este, fechado em 2007 e desde então em processo de remediação, abriga em sua enorme área uma estação de transbordo (desativada por problemas de manutenção), uma unidade de reciclagem de RCC, um pátio de compostagem, além de outras instalações ligadas aos RS (garagem, oficinas).

Segundo o portal da SLU/Prefeitura de BH, em 2018a cidade contava com 34 URPVs (fotografia 2), distribuídas de modo desigual pelas nove regionais administrativas, com infraestrutura não uniforme entre as sedes, apresentando pequenas variações nas condições de operação. Mesmo que sejam absolutamente imprescindíveis para o sucesso e para a consolidação de uma gestão adequada de RS, os instrumentos/equipamentos necessários à triagem, visando à reciclagem, tais como estas URPVs, enfrentam grandes obstáculos para funcionarem com a eficiência que se espera. As referências oficiais, por vezes muito desatualizadas, não detalham tais equipamentos, limitando-se a informar endereços. De modo geral, todas as Unidades contam com algumas instalações, às vezes improvisadas, de apoio aos funcionários (e usuários), bem como com outros constituintes relacionados ao serviço.

O serviço de recepção de resíduos oferecidos pelas URPVs é restrito a uma viagem por dia por usuário ou por obra até o limite de 1m³ (em algumas Unidades, o valor já foi de 2m³/dia). O acesso às URPVs se faz com carrinhos de mão, carroças de tração animal e, com veículos leves. Vê-se no Gráfico 1 a participação expressiva das viagens usando carroças, que decerto já eram feitas de modo informal e sem cômputo, com aumento formidável ao longo da década passada (máximo em 2010, como se nota) e em declínio desde então. Em 2016, das 297.751 viagens registradas, 161.543 (54,2%) foram de carroças e 112.143 (37,6%) de veículos leves. O transporte feito por carrinhos de mão deixa claro o atendimento à vizinhança mais próxima, dado às limitações próprias a estes veículos.



Há que se considerar que a própria PBH, via sua SLU, não dispõe de todos os dados relativos à produção de RCC na cidade, uma vez que há muitos procedimentos que não são computados por ela. O controle sobre deposições clandestinas se refere também às maiores deposições, quando impactam visualmente, causam assoreamento, podem atrapalhar o trânsito e trazer outros problemas. Deposições menores acontecem imperceptivelmente, impossibilitando o monitoramento da situação.



Fotografia 2. Acondicionamento de resíduos dentro das URPVs

Fonte: Autores

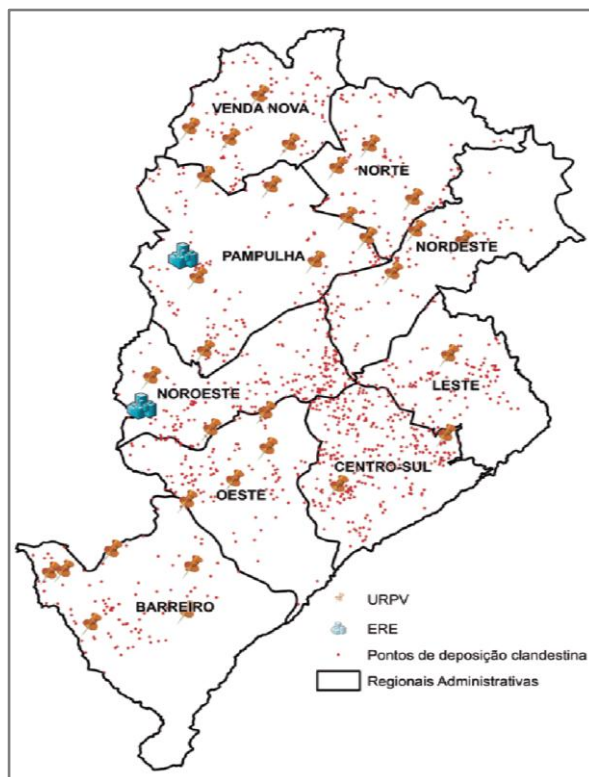


Figura 3: mapa com distribuição dos elementos de gestão, em cada regional de BH

Sabe-se (Lima, 2015) que por volta de 60-70% dos RCC em BH são gerados por pequenas obras, cujo total acumulado é bem significativo. Nos locais de deposição, é inviável estimar proporções (entre grandes e pequenos), já que aquela se dá evitando quaisquer controles.

Equipamentos urbanos: a prefeitura de Belo Horizonte, de modo insuficiente diante de sua necessidade, dispõe e faz uso de equipamentos urbanos que têm função intermediadora ou como destinação final de seus resíduos. As dezenas de locais de entrega voluntária (LEV) e as URPV fazem a conexão entre o gerador – em geral, neste caso, de pequeno porte - e os pontos de disposição final adequada, sendo de natureza pública, com entrega autônoma e localizados por toda a cidade, de forma estratégica. São recebidos ali materiais recicláveis – plástico, vidro, metais, papel - (exclusividade dos LEV), além de RCC, podas de árvores e objetos volumosos, tudo entregue pelos geradores e seus transportadores.

A despeito de haver certa organização da gestão, que conta com os equipamentos urbanos mencionados acima, observam-se grandes quantidades dispostas clandestinamente. Sobre uma parte delas há registros, dado que as retiradas/limpezas pela SLU (e seus terceirizados) são mensuradas para faturamento; sobre outra parte, que se especula ser importante, há suposições e tentativas de se aproximar de dados reais.

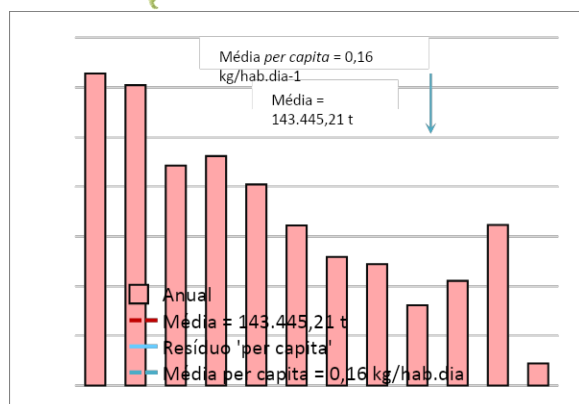


Figura 3. Coleta de resíduos de deposição clandestina em Belo Horizonte

Fonte: Autores, 2018

A figura 3 sugere que as quantidades depositadas clandestinamente estejam diminuindo expressivamente, o que pode não ser necessariamente verdadeiro. Há que se considerar, por exemplo, que há certo relaxamento na fiscalização; por outro lado, imagina-se que a adoção de procedimentos construtivos mais cuidadosos também contribua para reduzir as quantidades. Outrossim, há problemas históricos de subnotificação, registros incompletos e inconsistentes, diferenças de metodologia nas medições, o que deixa sob consideração a exatidão da tendência observada.

As áreas de triagem e transbordo (ATT), cujas iniciativas são privadas e situadas fora dos perímetros da cidade (nos municípios de Santa Luzia e Sabará), são locais de disposição final dos resíduos, no caso o aterramento. As ERE (estações de reciclagem de entulho) surgem como solução ótima, por meio do beneficiamento dos RCC, havendo duas unidades na capital. Mesmo diante desta infraestrutura, a massa de resíduos deposta de modo clandestino, infelizmente, continua sendo expressiva.

Locais de deposição clandestina: os principais alvos para deposição dos RDC são áreas aparentemente desocupadas e de acesso aos transeuntes, como terrenos baldios, vias expressas com acostamento largo, calçadas em locais sem moradias e às margens de córregos e ribeirões. Em muitos dos casos e baseado na composição gravimétrica dos resíduos, a deposição parte primeiramente com RCC e a que em seguida se somam os resíduos domésticos, depositados pouco a pouco, até se tornar um bota-fora. Por meio do mapa da Figura 4 é possível visualizar a mancha de pontos de deposição sobre a cidade de Belo Horizonte.

Os dados apontam que a região Noroeste da cidade é a que possui um histórico de maior massa depositada, mesmo estando localizada nela uma das ERE da cidade. Uma das justificativas para esta evidência seria que a região compreende um dos trechos do Anel Rodoviário (BR-040), via de acesso a dezenas de pontos de deposição clandestina. Outra regional com expressivos números é a Leste, muito por conta de haver nela apenas uma única URPV e também pelo desconhecimento por parte da população, tanto de usuários quanto de vizinhos.

Carregamento: a remoção desse tipo de material varia de acordo com quantidade depositada naquele determinado ponto e as condições físicas de entorno, podendo ser realizada de forma manual (Figura 3) ou mecânica. Tratando-se de custo, o serviço de remoção por carregamento manual, ou seja, em proporções menores, acaba sendo entre 4 e 5 vezes mais alto que a remoção via maquinário. A figura 3 mostra as proporções entre o carregamento e mecânico ao longo dos anos em que se têm registro (SLU).

Fotografia 3. Carregamento manual de resíduos em via pública

Fonte: Autores

Os dados apontam, portanto que, mesmo em proporções menores, os resíduos removidos de forma manual são os que mais demandam recursos. Removido do ponto de deposição, o material é destinado a CRT Maquiné, empreendimento privado localizada no município de Santa Luzia, na região metropolitana de Belo Horizonte (PMGIRS, 2013), onde o mesmo é aterrado, dado que a mistura com vários tipos reduziu consideravelmente seu potencial de reaproveitamento.



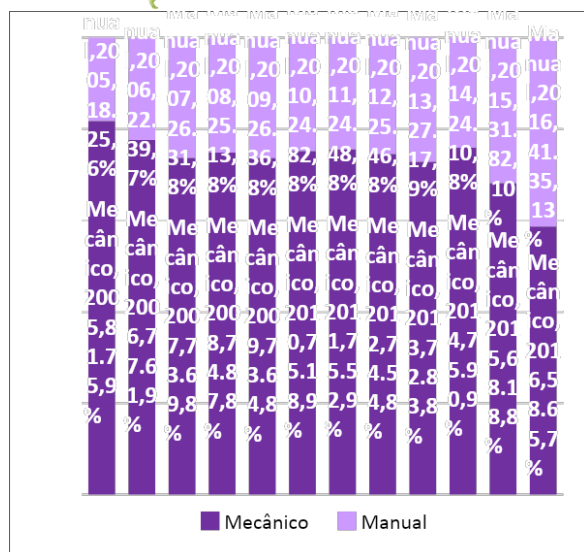


Figura 4. Percentual de resíduo de deposição clandestina coletado em função do carregamento

Fonte: Autores, 2018

Penalidades: a deposição clandestina é considerada infração prevista na Lei 9.605/98 e a punição de seus atores ocorre por intermédio de denúncias feitas ao Serviço de Atendimento ao Consumidor (SAC) da Prefeitura. A multa varia de R\$ 180,22 para resíduos domésticos até R\$ 5.564,82 para maiores proporções (PBH, 2018).

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

As proporções de RS coletados de forma clandestina acabam gerando certa estranheza de seus resultados, motivada pela existência de equipamentos urbanos correspondentes em Belo Horizonte. A natureza desses resíduos atenua a preocupação quanto a essa questão, visto que os RDC representam grande parcela do material depositado. De forma geral, para os RDC, além do impacto ao meio e onerosos custos de remoção e destinação, muitas vezes não pode se recorrer à logística reversa para sua reinserção ao ciclo produtivo, tendo por destinação o aterramento sob condições apropriadas.

Nota-se que medidas implementadas vêm surtindo resultado positivo, como o caso da implantação das URPV (evidente no Gráfico 1 o decréscimo do volume de RDC em comparação com o aumento do número de instalações). Os Pontos Limpos devem ser exaltados pois revitalizam áreas que outrora foram alvos de deposição e dão a esses espaços a função de convivência com a comunidade.

Ademais de mitigar a degradação de áreas da cidade, o beneficiamento, compostagem e reciclagem de resíduos dos mais variados tipos traz diversos benefícios como o controle dos impactos da disposição inadequada e retornos social (geração de emprego e renda), ambiental (despoluição e preservação) e econômico (prolonga vida útil de aterros sanitários).

Faz-se necessária a ampliação e aperfeiçoamento de medidas e infraestruturas, visto que algumas áreas destes equipamentos urbanos carecem de maior atenção do poder público e da própria população quanto ao funcionamento um quanto ineficiente, seja pela falta da infraestrutura mínima, pela ausência de manutenção ou pelo vandalismo. Este último, que muitas vezes é motivado pelo desconhecimento ou aversão por parte da população, torna imprescindível a divulgação e conscientização da população da cidade como um todo, e principalmente dos residentes do entorno. O que se observa, a partir da Figura 4, é que mesmo nas proximidades das URPV é possível encontrar pontos de deposição clandestina, revelando profundo desconhecimento, seja pela sua existência, seja pelo seu valor/função.

A conscientização parte também da mensuração por parte da população em relação ao impacto negativo que o resíduo ali depositado surte sobre si mesma ou para os residentes daquela região, como, por exemplo, o aumento da população de vetores (ratos, escorpiões) e de focos do mosquito *Aedes aegypti* (e da ocorrência das doenças por eles transmitidas), a obstrução de vias públicas, o assoreamento de rios e córregos e o comprometimento dos sistemas de drenagem, implicando em alagamentos.

O diálogo do poder público com a população é de extrema importância como estratégia de solução pois, analisando os dados de carregamento e autoria dos RCC, nota-se que a população, em suas atitudes em microescala, possui maior proporção em conjunto

se comparadas à iniciativas de grande porte. O descarte inadequado acabou se tornando algo cultural por parte de algumas comunidades, vista a constante e periódica remoção e a sinalização por placas, ignorada. Ainda tratando dos RCC, seu ciclo de beneficiamento carece, além de manutenção, intensificação de suas atividades, pois, com base nos dados disponibilizados pela SLU e analisados, as estações de reciclagem de entulho se encontram com funcionamento bem abaixo de seu potencial produtivo, quando operando em condições adequadas.

Além da demanda por parte do poder municipal em tratar destas questões com maior esmero, ainda nas etapas de planejamento, logística e plano de metas, é preciso que estas questões sejam melhor trabalhadas junto aos municípios vizinhos. Quando há diferenças de orientação no gerenciamento entre um município e outro, acaba recaindo a problemática sobre aquele cujo manejo dos resíduos é mais eficiente, fato que vêm acometendo Belo Horizonte. Trabalhar de forma dissociada para esta questão acaba por não ser o mais eficiente, visto que a conurbação da RMBH fez com que não houvesse distinção explícita em boa parte de suas zonas limítrofes. A gestão conjunta, ponderando sobre a deposição, fiscalização e disposição geográfica de equipamentos urbanos, possibilita chegar a soluções mais eficientes, ao invés de permanecer em um entrave de atribuição de responsabilidades.

Sabe-se das dificuldades, ainda que para uma grande metrópole, em implementar e aperfeiçoar processos gestuais para estas questões, dado o tradicionalismo, negligência e falta de resiliência para estas questões; obstáculos que podem ser superados com vontade política, estratégia e mensuração de investimento-retorno.

Uma proposta da Prefeitura de Belo Horizonte, além de algumas das proposições acima, seria a redução do número de pontos de deposições clandestinas existentes em 40% até 2021, e em 100% até 2026. A cidade é considerada referência para com a gestão de resíduos, principalmente em relação aos RCC, e o bom funcionamento do sistema de gestão de resíduos, além de beneficiar a todos (meio o e população) de forma sustentável e com qualidade de vida, inspira como exemplo a outras cidades para que tais soluções sejam adaptadas e implementadas às suas realidades.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Barros, R. & Silveira, H. “Situação da gestão de resíduos de construção civil (RCC) em Belo Horizonte no século XXI. XXXVI Congresso AIDIS. Guayaquil (Equador), out/2017
- Lima, A.; Silveira, V.; Barros, R. Fluxo da produção de resíduos de construção civil em Belo Horizonte (MG) e região em 2014. 28º Congresso ABES, Rio de Janeiro, 2015
- Portal G1. Prefeitura retira mais de 900 toneladas de entulho em córregos de Belo Horizonte. Disponível em <<https://g1.globo.com/mg/minas-gerais/noticia/2018/09/03/prefeitura-retira-mais-de-900-toneladas-de-entulho-em-corregos-de-belo-horizonte.ghtml>> (acesso em 5/set/18)
- Prefeitura Municipal de Belo Horizonte. Informações referentes à reciclagem de entulho. Disponível em <https://prefeitura.pbh.gov.br/politica-urbana/fiscalizacao/bota-fora> (acesso em 29/out/18)
- Prefeitura Municipal de Belo Horizonte. Plano Municipal de Gestão Integrada de RS. Brasil, 2017.
- Resende, L. *Análise da gestão de resíduos sólidos de construção civil de Belo Horizonte (MG) a partir da percepção de atores envolvidos*. 108 p. Mestrado. UFMG Programa de Pós-graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Rec.Hídricos, 2016.
- Superintendência de Limpeza Urbana (SLU-PBH). Relatórios anuais de atividades de limpeza urbana (2001-2016). Belo Horizonte, 2017.

UNA COMPARACION ENTRE LAS LEYES DE RESÍDUOS SÓLIDOS MENDOZA (ARGENTINA) Y MINAS GERAIS (BRASIL)

RAPHAEL TOBIAS DE VASCONCELOS BARROS, Universidade Federal de Minas Gerai, raphael@desa.ufmg.br

MARIA BELÉN LEVATINO, UnCuyo, belenlevatino@gmail.com

Abstract

En el plano internacional, los instrumentos legales constituyen una de las bases sobre las que se asienta una adecuada gestión de residuos sólidos urbanos; sin embargo, en América Latina, la mera existencia de una ley no garantiza que la política sea respetada. Tanto la Provincia de Mendoza (en Argentina) como el Estado de Minas Gerais (en Brasil), se caracterizan por compartir problemas parecidos en cuanto a la implementación de las reglas formales que regulan la relación entre las actividades humanas y sus desechos. Este trabajo se centra en el análisis de las diferencias y similitudes de los marcos regulatorios, así como también los desafíos de gestión que deben encarar las administraciones subnacionales de estos países. La metodología de investigación es de naturaleza cualitativa, sobre la base de análisis normativo e interpretación de fuentes secundarias. Ambas leyes incorporan principios ambientales modernos, en condiciones de aplicación adversas para la materialización de sus objetivos, con un bajo nivel de colaboración de la sociedad y de los actores políticos y económicos. Los resultados dan cuenta sobre la necesidad de aprender de la experiencia para mejorar la gestión de los residuos en la región.

Palabras-clave: gestión de residuos sólidos, comparación entre marcos regulatorios regionales

1. Introducción

La cuestión de los residuos sólidos (RS) se presenta de formas diferentes en los países y debe ser abordada de acuerdo con sus realidades. En América Latina, la problemática reciente hizo que cada país tenga creado sus leyes para regular las políticas públicas sobre la gestión de los RS. Argentina y Brasil, por su forma de gobierno y importancia continental, tienen efectos inspiradores positivos para sus instancias subnacionales.

En general, se analizan aspectos tecnológicos y estratégicos; sin embargo, aquí se pretende comparar, los componentes normativos que regulan la gestión de los RS. Esta ponencia contempla los principales componentes de ambas leyes, identificando elementos que influyen en sus aplicaciones.

2. Objetivos

Comparar leyes regionales de la Provincia de Mendoza (Argentina) y del Estado de Minas Gerais (Brasil) relativas a la gestión de sus RS, identificando diferencias y similitudes entre sus estructuras, elementos constituyentes, aplicabilidades y limitaciones. Más que aspectos operacionales, interesan aquí las condiciones-marco que regulan las políticas sobre las cuales las autoridades regionales gestionan sus RS.

3. Metodología

Las herramientas de investigación utilizadas son de naturaleza cualitativa, comprenden la interpretación de fuentes secundarias y análisis institucional con una perspectiva comparada de las reglas formales, como así también de desarrollo histórico de las políticas de RS en dos estados subnacionales.

4. Resultados y discusión

Se presentan en continuación informaciones generales para caracterización de los países y de sus miembros.



Figura 1 – mapa de América latina

Las Figuras 1 y 2 sitúan los países y sus unidades federativas. Los Cuadros 1 y 2 permiten una comparación rápida entre ambos países y entre las unidades objeto de este estudio.

A – histórico de la situación de gestión de RS en Mendoza (ARG)

La Reforma Constitucional de Argentina de 1994 reconoce los derechos ambientales (Art. 41) y los mecanismos institucionales para su protección (Art. 43 y 86). Este cambio tiene como antecedentes jurídicos en la Provincia de Mendoza, la cual en el año 1992 (seguramente influenciada por el contexto internacional en materia ambiental) dictó dos leyes fundamentales: la 5.961 de Preservación del ambiente y la 5.970 Residuos Sólidos Urbanos. Años más tarde, mediante el Decreto N° 1939/1996 establece el Plan Maestro para la gestión de los RSU que pretende generar regiones para la gestión conjunta. En el mismo sentido, la Ley Provincial N° 6957 (2002) y su modificatoria Ley 7804 (2007), pretenden la incentivar la conformación de Consorcios Públicos para la gestión de residuos.

Cuadro 1 – Características de los países

Características ↓	Argentina	Brasil
Población (2015)	44.000.000	207.000.000
Área (km ²)	2.766.000	8.515.000
Renta <i>per capita</i> (US\$)	12.400	8.600
IDH	0,827	0,754
Estados subnacionales	23 provincias + la Ciudad Autónoma de Buenos Aires	27 + Distrito Federal
Gobiernos locales	2.265 (1.149 municipios)	5.570

El plan provincial de residuos establece la conformación de tres consorcios (área metropolitana, centro y este), de los cuales solamente está en funcionamiento a la fecha el Consorcio Interjurisdiccional de Zonza Centro (COINCE), el cual está integrado por los tres municipios del Valle de Uco: San Carlos, Tupungato y Tunuyán. El del Este está conformado en el plano formal y el del área metropolitana todavía no se ha institucionalizado, aunque se ha realizado una audiencia pública para solicitar un préstamo del BID para acceder a las fuentes de financiamiento necesarias para mejorar la infraestructura para la disposición final adecuada de los residuos.



Fig. 2 – posición de las provincias en los países

El marco jurídico provincial se completa con la Ley 7765(2007) que modifica la ley 7319 (2004), estableciendo la prohibición de entrega de bolsas materiales no biodegradables, la cual no cuenta con mecanismos de control.

Cuadro 2 – Características de las provincias

Características ↓	Mendoza	Minas Gerais
Población (2015)	~1.800.000	~21.040.000
Área (km ²)	148.827	586.528
Gobiernos locales (municipios)	18	853

Fuente: elaboración propia

En el ámbito nacional, La *Ley General del Ambiente N 25675* (Argentina, 2002) trae algunos principios rectores para la coordinación interjurisdiccional. En este sentido, instituye el Consejo Federal del Ambiente (CONFEMA) dentro del cual se sientan los principios de la ley 25.916 de *Gestión de Residuos Domiciliarios* (Argentina, 2004), la cual establece las directrices genéricas para gestión local de los RS. Sin embargo, el veto presidencial a través del Decreto 1158/2004 suprime los artículos de la ley donde se establecen plazos para los municipios para que se ajusten a los presupuestos mínimos de gestión integral de los residuos domiciliarios.

En cuanto a las estructuras administrativas encargadas de la implementación del marco regulatorio se destaca que las mismas no cuentan en general con la participación de la sociedad civil, es más las organizaciones de recolectores informales en algunos municipios son perseguidas porque no está reconocido su trabajo en la legislación local. El estado de los rellenos sanitarios y la persistencia de basurales a cielo abierto en una cantidad considerable de municipios mendocinos denotan la necesidad de mejorar políticas en la materia (Geary *et al.*, 2017; Gutiérrez, 2015 y 2012).

Como se puede apreciar el marco normativo está totalmente desactualizado. A su vez, la regulación sobre las instancias de coordinación interjurisdiccional es casi inexistente, la autonomía municipal y la necesidad de articulación intergubernamental constituyen los principales desafíos que enfrentan las políticas de RSU en la provincia de Mendoza.

B – histórico de la situación de gestión de RS en Minas Gerais (BRA)

Lopes (2016) brinda información relevante para reconstruir la historia de la gestión de RS en el Estado de Minas Gerais. Durante los años 1995/2000/2009 se dictan una serie de leyes que instituyen impuestos “ecológicos” para garantizar incentivos económicos a los municipios que deseen mejorar la gestión de sus residuos. El panorama se completa con los siguientes instrumentos de gestión:

1997/9 – programa ‘Minas juega limpio’ - implantación de alternativas para la solución de problemas de saneamiento ambiental
DN 51/2001 - política de eliminación de basurales y convocación al licenciamiento ambiental de sistemas técnicamente adecuados de tratamiento y disposición final de RS urbanos de municipios > 50.000 habitantes urbanos

2003 – programa ‘Minas sin basurales’ - adopción de mejores alternativas para la gestión de los RS urbanos y reutilización y reciclaje de residuos con inclusión socioproductiva de trabajadores de materiales reciclables, en el sentido de optimizar la gestión socioambiental y compartida de los RSU

2005 - Programa Piloto de Apoyo a la Gestión Integrada de Residuos Sólidos - verba parlamentaria, destinada a la construcción de sistemas adecuados de tratamiento y destinación final de RS urbanos y con objetivo de implementar acciones que garantizaran la aplicación de los recursos en emprendimientos tecnológica e ambientalmente viables (28 municipios)

DN COPAM 74/2004 - lista y clasifica (6 clases) los emprendimientos e actividades modificadoras del medio ambiente, conjugando porte y potencial poluidor/degradador general

2011 DN COPAM 170 - Catastro de los Planes Municipales de Gestión de RS

2011 DN COPAM 172 - Plan estadual de recolección selectiva

2011 – "beca reciclaje" - incentivo financiero a las organizaciones de trabajadores de materiales reciclables

2014 - Plan de regionalización para la gestión integrada de RS (285 agrupamientos que, sumados, forman 51 ATO - arreglos territoriales óptimos)

2015-... - fomento a la investigación y a la innovación científica y tecnológica - Programa de capacitación de recursos humanos y beca de gestión en ciencia y tecnología

Como se puede apreciar, la situación del manejo ha evolucionado en los últimos años, pero sigue con grandes retos nacionales: garantizar la recolección a todos, recuperar sus costos, disponer bajo condiciones sanitarias y ambientales. En este sentido, la gestión tiene muchos problemas, cuando se consideran los aspectos de la no generación, de la minimización y del reciclaje.

Una gran parte de los municipios ni siquiera cobra por los servicios, ejecutados con deficiencias bajo perspectiva meramente operacional. El pequeño nivel de colaboración de los usuarios también es un problema; un tibio apoyo político acompaña esta gestión en todos niveles del gobierno, delante de la falta de presupuesto.

Con anterioridad a la Ley de la política nacional de RS (Brasil, 2010), esta ley del estado (2009) trae la valorización de los RS, la responsabilidad compartida y la exigencia de una disposición final ambientalmente adecuada, e establece penalidades.

Con la idea que "toda la sociedad es responsable", a los generadores cabe garantizar seguridad, disponibilidad información, permitir fiscalización y desarrollar capacitación; a las municipalidades, adoptar tecnologías y articular; a los fabricantes/revendedores y comerciantes y consumidores, asumir en caso de ocurrencias dañosas. El poder público (después de 6 meses de la sanción de la ley; por lo tanto, a mediados del 2011) debería proponer alternativas de fomentos e incentivos fiscales y crediticios, estructurar líneas de financiamiento y establecer criterios, una vez que la existencia de política de RS es condicionante para repase de recursos. Se esperan de las municipalidades, entre tantos roles, que exijan de los generadores precios públicos, tasas o tarifas; que garanticen recuperación de costos e inhiban el consumo superfluo y el desperdicio; que no inhiban actividades económicas y que faciliten equidad.

El primer marco relativo al cobro de los servicios de RS es la ley 11.445/07, que establece directrices para el saneamiento básico en nivel nacional (el art. 29 establece que el servicio tenga la "sustentabilidad económica-financiera asegurada, siempre que posible, mediante remuneración por el cobro" (Brasil, 2007). La Política Nacional de RS (Brasil, 2010) instituye por primera vez principios que nortean el cobro, como el de pulidor-pagador y la responsabilidad compartida [en el 2008, solo el 10,9% de los municipios brasileños presentaban algún tipo de cobro (IBGE, 2010); esos ahorros en 2018 cubrían el 53,8% en promedio de los gastos totales con la gestión (SNIS, 2018)]. En Minas Gerais, de sus 853 municipios, 626 participaron de una encuesta en 2018: 267 de ellos cobraban una tasa que representaba el 18,75% de autosuficiencia financiera (Alzamora, 2018).

C. Análisis de la legislación marco

El Cuadro 3 trae elementos de comparación entre las dos leyes, permitiendo notar como sus principales elementos fueran abordados, reflejando idealmente las realidades de cada situación.

Cuadro 3 – Diferencias entre algunos aspectos de las leyes

Aspectos ↓	Mendoza	Minas Gerais
Explicitación de los instrumentos de la gestión	Ausencia	13 instrumentos, con alusión a la actualización de los planes
Incentivos	Ninguno	Como instrumentos de política pública (cooperación, adopción de gestión por las empresas, ampliación del mercado, educación ambiental)
Plazos	Un año para la erradicación de basurales	No definidos (el plan municipal es condición para obtener recursos del estado y de la nación)

Exigencias de la prestación del servicio	No hace referencia	Garantizar la regularidad, continuidad, universalidad, sostenibilidad
Información	No hace referencia	Como derecho e instrumento de política pública, uso de indicadores
Gestión Integral de Residuos	domiciliario, vial, industrial, sanitario y comercial,	Domiciliarios, especiales y peligrosos
Sanciones y penalidades	No establece	Administrativas, civiles y penales
Daño/riesgo al medio ambiente y a la salud pública	Dos referencias	seis referencias
Participación	Ninguna referencia	Sociedad civil en todas las etapas
Recuperadores urbanos	Ninguna referencia	Inclusión social; valorización de la dignidad humana; estímulo a la formación de organizaciones de recuperadores
Responsabilidad general	Sin referencia	Compartida (estado, empresas y población: consumidores, fabricantes, comerciantes); producción y consumo sostenibles
Responsabilidad de la provincia/estado	Municipios	Editar leyes promocionando incentivos fiscales, financieros o crediticios; estructurar líneas de financiamiento; promocionar cooperación y capacitación)
Instancias de articulación y decisión política	Convenios	consejo estadual de política ambiental, con órganos oficiales y sociedad civil; consejos locales de defensa del ambiente
Prohibiciones	Relativas a las condiciones de disposición	relativas a las condiciones de disposición

Penalizaciones	No las determina	Grados variados en caso de inobservancia de la ley
Logística inversa	No hace mención	Explicitación de objetivos y responsabilidades

Las principales similitudes entre los dos sistemas de gestión de RS son la concentración de recursos en el nivel supramunicipal pero con responsabilidad de las autoridades locales; el estímulo a los consorcios interjurisdiccionales; la prohibición de lanzamientos de RS a cielo abierto. Las diferencias se encuentran en algunos elementos que están presentes en la legislación brasileña y ausentes en la argentina como: la valorización de los residuos, con disminución de los rechazos y minimización de los impactos ambientales, la educación ambiental y la participación de la sociedad civil, específicamente los recolectores informales. Como balance general se puede decir que la Ley 5970 mendocina presenta objetivos muy ambiciosos de cumplir teniendo en cuenta las herramientas de gestión existentes para el año 1992, lo que genera fuertes deficiencias en el diseño institucional de la norma. La ley de Minas tiene muchas dificultades de aplicación por la extensión del Estado y su permanente falta de prioridad política.

5. Conclusiones

Se verifican que las administraciones públicas en América Latina tienen grandes retos, en particular aquellos relativos a la cuestión ambiental, dentro del que entran los residuos, en sus sociedades. Como Estados democráticos que son, Argentina y Brasil y sus provincias cuentan con legislación que tienen muchos problemas de aplicabilidad, ya sea por fallas en el diseño institucional o por el apoyo político, económico y social para su implementación.

Se identifican, en esta comparación, elementos que pueden ser útiles para que cada país y región aprendan, también con su experiencia, como manejar ciertas cuestiones específicas, mirando a mejorar la gestión y aumentar su eficiencia.

Se nota que la ley de Minas Gerais incorpora elementos modernos entre sus principios y objetivos, después repetidos en la ley nacional. Sin embargo, dejó cosas aguardando reglamentación que todavía no está completa. El estado tiene adoptado desde entonces iniciativas previstas en ley sin el suceso imaginado y espera decisiones de nivel nacional. Hasta fines del 2018, no había registros de los efectos de los incentivos. La ley de Mendoza además de tener problemas de diseño institucional se encuentra desactualizada por lo que la experiencia brasileña puede traer ser de utilidad para encarar los procesos de reforma.

Dada las diferencias dentro de cada país y región, una ley tiene que ser flexible y genérica, ajustada a las situaciones que cambian según las condiciones económicas; así, un proceso de monitoreo permanente necesita ser instalado para garantizar que sean logrados los objetivos. Y parece imprescindible una participación mucho más activa de los usuarios.

Agradecimientos: AUGM (Programa de movilidad docente), Universidad de Cuyo, UFMG (Programa de pós-graduação - SMARH)

6. Referencias

ALZAMORA, B; Barros, R. (2018) Análise de formas de cobrança por serviços relacionados à gestão de resíduos sólidos domiciliares em alguns países ibero-americanos. XXXVI Congreso AIDIS, Guayaquil (Ecuador)

FARIA, S. & Barros, R. (2016) O ICMS “ecológico” de Minas Gerais como política de gestão ambiental atrativa para os municípios que possuam unidades de triagem e compostagem. VII Congresso Bras. de Gestão Ambiental. Campina Grande (PB).

GEARY, M.; Levatino, M. B. & Saidón, M. (2017). Balance de la implementación de la normativa de Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos en distintos municipios argentinos. XIII Congreso Nacional de Ciencia Política “La política en entredicho. Volatilidad global, desigualdades persistentes y gobernabilidad democrática”.

GUTIÉRREZ, R. (2015). ¿Hacia un nuevo modelo? Avances en la gestión integral de residuos sólidos urbanos en la Región Metropolitana de Buenos Aires. In *VII Congreso Latinoamericano de Ciencia Política*.

GUTIÉRREZ, R. A. (2012). Federalismo y políticas ambientales en la Región Metropolitana de Buenos Aires, Argentina. *EURE (Santiago)*, 38(114), 147-171.

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). In: <https://www.ibge.gov.br/> acceso en 2/abr/08



LEVATINO, M. B. & BARROS, R. (2018) Una comparación entre las leyes de residuos sólidos de Argentina y de Brasil. XXXIV Congreso de AIDIS, Guayaquil (Ecuador)

LOPES, M. (2016) Avaliação da gestão de resíduos sólidos urbanos em municípios da bacia hidrográfica do rio Paraopeba (MG). Dissertação – Programa de Pós-graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos – UFMG. Belo Horizonte, 198 p.

PRESENCIA DE RESIDUOS SÓLIDOS EN CINCO PLAYAS MEXICANAS Y SU RELACIÓN CON INDICADORES DE CALIDAD AMBIENTAL

ARELY AREANELY CRUZ SALAS, Universidad Autónoma Metropolitana, areanelyc@gmail.com

ALETHIA VÁZQUEZ MORILLAS, Universidad Autónoma Metropolitana, alethia@azc.uam.mx,
alethia.v@gmail.com

JUAN CARLOS ALVAREZ ZEFERINO, Universidad Autónoma de Baja California,
zeferinojuancarlos@gmail.com

SARA OJEDA BENÍTEZ, Universidad Autónoma de Baja California, sara.ojeda.benitez@uabc.edu.mx

SAMANTHA CRUZ SOTELO, Universidad Autónoma de Baja California, samantha.cruz@uabc.edu.mx

MARGARITA BELTRÁN VILLAVICENCIO, Universidad Autónoma Metropolitana, mbv@correo.azc.uam.mx

1.- ABSTRACT

At present, many beaches suffer erosion problems, change of land use, overexploitation of resources and pollution. The presence of solid waste on beaches mainly affects the economy of coastal towns, as their income depends on tourism, which decides to abandon recreational activities on the beach due to its unpleasant aspect.

Environmental quality on beaches can be evaluated through certifications and indexes. The objective of this research was to evaluate environmental quality in five Mexican beaches through indicators of urbanization, conservation, recreational potential and waste management, as well as a pollution index, based on the sampling of waste, survey applications, and field observations.

2.- INTRODUCCIÓN

Las playas son depósitos no consolidados de arena, grava o rocas ubicados al borde del litoral (Moreno-Casasola, 2004). Son uno de los activos ambientales más importantes de los recursos costeros porque brindan servicios ambientales y recreación (US EPA, 2018). Conforme aumenta el turismo en playas también lo hace la infraestructura, ocasionando urbanización de la costa y la transformación de los ecosistemas naturales (INECOL, 2018), así como problemas de contaminación que además de degradar y destruir hábitats, impiden el uso de las playas con fines recreativos (US EPA, 2018).

En cuanto a la contaminación marina, uno de los tipos más comunes es la producida por residuos sólidos (RS) (NOAA, 2018), los cuales se definen como objetos sólidos persistentes elaborados por el hombre que han sido abandonados o desechados a los mares o costas (NOAA, 2007; UNEP, 2005) como resultado de las actividades terrestres o marinas (NOAA & UNEP, 2011).

Aunado a lo anterior y a que la economía de muchas ciudades costeras depende del turismo de playa, surge la necesidad de

With the methodology applied, results were obtained for each category of indicators evaluated.

The most abundant materials in the waste were plastics (53.57% Saturday and 60.04% Sunday). As for the type of waste, fragments of polystyrene (17.65% Saturday) and fragments of rigid plastics (18.67% Sunday) were the most recurrent.

Through the evaluation of the environmental quality of each beach and its relationship with the presence of waste, tourism and environmental conservation it can be known if the general management of these is adequate and based on this can take measures to improve it.

Palabras clave: *Composición, plásticos*

evaluar la calidad ambiental de estos entornos (Barbier et al., 2011; Rao, 2014) contemplando la seguridad, percepción estética, limpieza y gestión de residuos, salud ecosistémica y manejo de playa en general. Una forma de evaluarla es mediante certificaciones (UNMP, 2016) e indicadores (González & Holtmann-Ahumada, 2017).

3.- OBJETIVOS

Los objetivos del presente estudio fueron:

- Evaluar la calidad ambiental en cinco playas de arena
- Cuantificar la generación y composición de RS en las playas estudiadas
- Determinar el grado de contaminación para cada playa

4.- METODOLOGÍA

La Figura 1 presenta las etapas en las que se dividió el trabajo.

Actividad preliminar

1



4.1.- ACTIVIDADES PRELIMINARES

Se revisaron estudios de indicadores de calidad ambiental en playas. A partir de estos se eligieron y adaptaron los indicadores, asimismo se estableció su forma de evaluación (Tabla 1).

Urbanización	Conservación	Potencial recreativo	Gestión de residuos
0= nulo	0= nulo	0= nulo	0= nulo
1-3= muy bajo	0-3= muy bajo	0-4= muy bajo	1-5= muy bajo
4-6= bajo	4-6= bajo	5-8= bajo	6-10= bajo
7-10= medio	7-9= medio	9-13= medio	11-16= medio
11-14= alto	10-13= alto	14-18= alto	17-22= alto

4.2.- SELECCIÓN DE ZONAS DE ESTUDIO

La selección de la zona de estudio se realizó con base en los siguientes criterios:

- Playas de arena con actividad turística, longitud mínima de 100 m, alejadas mínimo 1 km de diques o escolleras, de fácil acceso y seguras
- Zona con acumulación de residuos y sin palapas

4.3.- MUESTREO DE RESIDUOS SÓLIDOS

El muestreo se realizó en sábado y domingo para cada playa, a primera hora del día. Se delimitó un transecto de 100 m y se dividió en 20 niveles iguales (Opfer et al., 2012). El ancho de playa se consideró desde la línea de agua hasta la de estructura fija (Fotografía 1).



Se escogieron 5 niveles aleatoriamente, se recolectaron los RS presentes y se clasificaron en categorías propuestas por la UNEP (Cheshire et al., 2009). Para cada categoría se contó el número de piezas. Se determinó el índice de contaminación (IC) promedio empleando la siguiente ecuación:

$$IC = \frac{\#Piezas}{\#Niveles \times L \times A} * 20$$

Donde:

#Piezas = Piezas recolectadas

#Niveles = Niveles muestreados

L = Ancho de playa (m)

A = Longitud del nivel (m)

Las playas se clasificaron de acuerdo con la propuesta de Alkalay y colaboradores (2007):

0-2: Muy limpio (ML)

2-5: Limpio (L)

5-10: Moderado (M)

10-20: Sucio (S)

>20: Muy sucio (MS)

4.4.- EVALUACIÓN DE INDICADORES

La información sobre las playas se obtuvo de fuentes gubernamentales, observación directa y encuestas. De acuerdo con esto se evaluaron los indicadores.

5.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este apartado se muestran los resultados de la evaluación de la calidad ambiental e índice de contaminación para las playas de Catemaco, Veracruz; Lázaro Cárdenas, Quintana Roo; San Pedro Pochutla, Oaxaca; Santa María Tonameca, Oaxaca; y Rosarito, Baja California.

Los resultados obtenidos para cada categoría de indicadores en las cinco playas se muestran en la Tabla 2.

5.1.- INDICADORES DE CALIDAD AMBIENTAL

Indicador	Playa				
	Catemaco	Lázaro Cárdenas	San Pedro Pochutla	Santa María Tonameca	Rosarito
Urbanización	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio
Conservación	Medio	Bajo	Bajo	Medio	Bajo
Potencial recreativo	Muy bajo	Medio	Medio	Bajo	Medio
Gestión de residuos	Muy bajo	Medio	Medio	Bajo	Medio
Índice de contaminación	Limpia	Limpia	Muy Limpia	Muy Limpia	Moderada

Todas las playas presentaron nivel medio de urbanización. Sin embargo, en el resto de los indicadores hubo variaciones entre las playas.

En las playas la conservación fue poca (nivel de bajo a medio) y en cuanto en el potencial recreativo se observa que este no lo han explotado mucho.

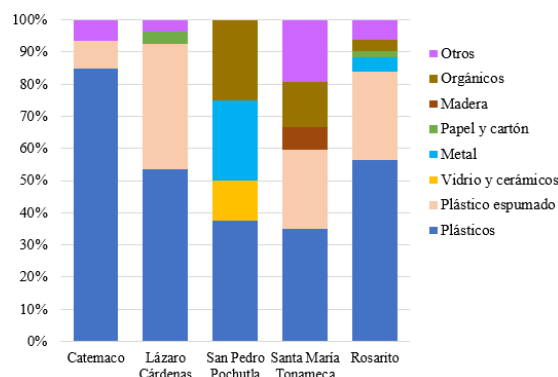
La gestión de residuos presentó, para cada playa, los mismos niveles que el potencial recreativo. Ambos indicadores están asociados porque si una playa tiene potencial recreativo alto el interés por mantenerla limpia también será elevado, ya que la prioridad será evitar la contaminación del lugar para seguir atrayendo al turismo.

En cuanto a los índices de contaminación (Tabla 2), Catemaco y Lázaro Cárdenas se clasificaron como *limpias* (L), San Pedro Pochutla y Santa María Tonameca como *muy limpias* (ML) y Rosarito como *moderada* (M).

5.2.- RESIDUOS SÓLIDOS

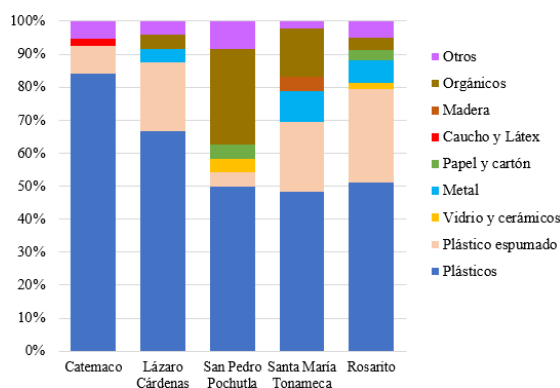
Los materiales más abundantes de los residuos recolectados el sábado (n = 1 414 piezas), (Figura 2), en promedio, fueron plásticos (53.57%); plásticos espumados (24.86%) y orgánicos (21.25%).

Los tipos de residuos más frecuentes fueron fragmentos de poliestireno (17.65%), de plásticos rígidos (15.43) y colillas (0.73%).



Por otro lado, el domingo se recolectaron 1 829 piezas; esto indica un incremento de 415 piezas con respecto al sábado. Los materiales más recurrentes (Figura 3) fueron plásticos (60.04%), plásticos espumados (16.6%) y orgánicos (12.99%).

Los tipos de residuos más recurrentes fueron fragmentos de plásticos rígidos (18.67%), colillas (15.91%) y fragmentos de unicel (13.46%).



6.- CONCLUSIONES

La evaluación de indicadores de calidad ambiental y la obtención del IC en las cinco playas permitió conocer su

7.- REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alkalay, R., Pasternak, G., & Zask, A. (2007). Clean-coast index—A new approach for beach cleanliness assessment. *Ocean & Coastal Management*, 50(5–6), 352–362.
- Arreguín-Cortés, F., & Mejía-Maravilla, E. (2010). Programa Playas Limpias en México, un enfoque integral. *Revista Digital Tlaloc*, 47. Retrieved from http://amh.org.mx/wp-content/uploads/2018/07/TLALOC_47_baja.pdf
- Barbier, E. B., Hacker, S. D., Kennedy, C., Koch, E. W., Stier, A. C., & Silliman, B. R. (2011). The value of estuarine and coastal ecosystem services. *Ecological Monographs*, 81(2), 169–193.
- Cheshire, a, Adler, E., Barbière, J., & Cohen, Y. (2009). *UNEP/IOC Guidelines on survey and monitoring of marine litter. UNEP Regional Seas Reports and Studies, No. 186; IOC Technical Series.*

estatus con relación al desarrollo turístico, así como la conservación de la flora y fauna marina.

De todos los indicadores, el de urbanización fue similar (medio) en todas las playas, en cambio el resto tuvo variaciones. Para potencial recreativo y gestión de residuos los niveles obtenidos fueron desde muy bajo a medio, en conservación los niveles se encontraron entre bajo y medio. De acuerdo con los indicadores, la playa con un mejor manejo fue Lázaro Cárdenas.

La gestión de residuos fue muy baja en Catemaco, baja para Santa María Tonameca y media para el resto de las playas; esto va de la mano con los resultados de residuos.

Los materiales y los tipos de residuos más abundantes para las cinco playas fueron los mismos en ambos días, con pequeñas variaciones en los porcentajes, sin embargo, el domingo se recolectaron más residuos (1 829 piezas).

Con base en los IC se llegó a la conclusión de que las playas más limpias fueron San Pedro Pochutla y Santa María Tonameca, lo que indica que son aptas para la realización de actividades recreativas y la protección de recursos naturales.

Aunque la playa con más residuos fue Rosarito es importante mencionar que la mayoría eran fragmentos, los cuales no son visibles a simple vista y debido a esto muchos usuarios la calificaron como “limpia”. Por ello, hay que señalar que la evaluación de la calidad ambiental en playas involucra la percepción del usuario además de otros aspectos y todos ellos en conjunto brindan información para conocer el manejo actual de la playa y así tomar decisiones para mejorar la calidad del espacio costero y del destino turístico de forma integral.

CIMARES - Comisión Intersecretarial para el Manejo Sustentable de Mares y Costas. (2010). *Política Nacional de Mares y Costas de México*. México. Retrieved from http://www.semarnat.gob.mx/archivosanteriores/temas/ordenamientoecologico/cimares/Documents/pnmc_espagnol_final.pdf

García-Morales, G. (2012). *Evaluación del potencial turístico en la playa Norte de El Mogote, bahía de La Paz, B.C.S., México*. Retrieved from <http://www.repositoriodigital.ipn.mx/bitstream/123456789/13526/1/garciamo1.pdf>

González, S. A., & Holtmann-Ahumada, G. (2017). Quality of tourist beaches of northern Chile: A first approach for ecosystem-based management. *Ocean & Coastal Management*, 137, 154–164.

INECOL - Instituto de Ecología, A. C. (2018). ¿Para qué sirve tener plantas en la playa? Retrieved October 28, 2018, from <https://www.inecol.mx/inecol/index.php/es/2017->

06-26-16-35-48/17-ciencia-hoy/630-para-que-sirve-tener-plantas-en-la-playa

https://marinedebris.noaa.gov/sites/default/files/publications-files/Honolulu_Strategy.pdf

- Moreno-Casasola, P. (2004). Las playas y dunas del Golfo de México. Una visión de su situación actual. In SEMARNAT (INE)-INECOL-Harte Research Institute for Gulf of México Studies (Ed.), *Diagnóstico ambiental del Golfo de México* (pp. 491–520). Mexico City. Retrieved from http://www1.inecol.edu.mx/costasustentable/esp/pdfs/Publicaciones/PlayasYDunasGolfodeMexico_PMC.pdf
- NOAA - National Oceanic and Atmospheric Administration. (2018). Ocean pollution. Retrieved June 23, 2018, from <http://www.noaa.gov/resource-collections/ocean-pollution>
- NOAA - National Oceanic and Atmospheric Administration. (2007). *NOAA's Marine Debris Program*. Retrieved from <https://www.broward.org/NaturalResources/BeachAndMarine/ReefRestoration/Documents/orandr.pdf>
- NOAA - National Oceanic and Atmospheric Administration & UNEP - United Nations Environment Programme. (2011). *The Honolulu Strategy: A global framework for prevention and management of marine debris*. Retrieved from https://marinedebris.noaa.gov/sites/default/files/publications-files/Honolulu_Strategy.pdf
- Opfer, S., Arthur, C., & Lippiatt, S. (2012). NOAA Marine Debris Shoreline Survey Field Guide. *NOAA Marine Debris Program*, (January), 19.
- Rao, R. S. (2014). Emerging trends in hospitality and tourism. *International Journal of Research - GRANTHAALAYAH*, 1(1), 1–8. Retrieved from <http://oaji.net/articles/2014/1330-1411815999.pdf>
- Santiago-Bravo, R. (2010). *Caracterización de las playas de Tuxpan, Veracruz mediante criterios de certificación*. Retrieved from <https://www.uv.mx/pozarica/mmemc/files/2012/10/Roberto-Santiago.pdf>
- UNEP - United Nations Environment Programme. (2005). *Marine litter, an analytical overview*. UNEP. Retrieved from <http://wedocs.unep.org/handle/20.500.11822/8348>
- UNMP - Universidad Nacional del Mar de Plata. (2016). Las playas y su gestión sostenible. Retrieved January 28, 2018, from <https://eco.mdp.edu.ar/institucional/ecoenlaces/1851-las-playas-y-su-gestion-sostenible>

COMPOSICIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS EN LA ZONA RESTAURANTERA Y HOTELERA DE UNA PLAYA MEXICANA

ARELY AREANELY CRUZ SALAS, Universidad Autónoma Metropolitana, areanelyc@gmail.com

ALETHIA VÁZQUEZ MORILLAS, Universidad Autónoma Metropolitana, alethia@azc.uam.mx,
alethia.v@gmail.com

JUAN CARLOS ALVAREZ ZEFERINO, Universidad Autónoma de Baja California,

zeferinojuancarlos@gmail.com

SARA OJEDA BENÍTEZ, Universidad Autónoma de Baja California, sara.ojeda.benitez@uabc.edu.mx

MARÍA DEL ROSARIO ENRÍQUEZ ROSADO, Universidad del Mar, r.enriquez4@gmail.com

MARÍA DEL ROCÍO GUTIÉRREZ ORTÍZ, Universidad del Mar, rocio@angel.umar.mx

1.- ABSTRACT

Marine pollution from solid waste is a global concern as these materials have reached the most remote places in the marine environment. Sometimes its presence in marine environments is the result of inadequate management. Marine debris can cause damage and death to wildlife through ingestion and entanglement; affectations to ecological functions and economic losses.

In order to know the composition and waste management of the hotel and restaurant area of a Mexican beach, the present study was carried out in Zipolite beach. The premises were visited and a short survey was carried out, in the participating businesses the generated waste was collected and its composition was determined.

The residues with the highest percentage were food (48.25%). It was found that about 67.31% of the waste (in the low season) are subject to valorization, through composting and supply (for subsequent recycling), mainly on the initiative of the restaurant sector.

Even though the above actions help to ensure that waste with potential for valorization does not go to the landfill or reach the sea, it is important that the municipality contributes with actions that increase the percentage of recoverable waste and that during the high season there is good management.

Palabras clave: *Zipolite, generación, costa*

2.- INTRODUCCIÓN

Los residuos marinos son materiales sólidos persistentes de origen antropogénico, que han sido abandonados o desechados en el medio marino o costero (NOAA, 2007). Incluyen objetos que intencionalmente han sido arrojados o accidentalmente se han perdido en el mar, ríos, playas o costas (UNEP, 2005). Se han convertido en una preocupación mundial (Kuo & Huang, 2014; Law, 2017), ya que se han encontrado en el fondo marino (Bergmann et al., 2017), el Ártico (Nuwer, 2014), playas, mar abierto, aguas marinas y costas (Simeonova et al., 2017). En algunos casos, la presencia de estos materiales en los ambientes marinos se debe a su mala gestión (Falk-Andersson et al., 2019).

Oaxaca se localiza en el suroeste de México (H. Ayuntamiento de Oaxaca de Juárez, n.d.). Se divide en ocho regiones dentro de las cuales se encuentra la costera, donde se localiza el municipio San Pedro Pochutla, con coordenadas 16°47' N y 96°28' O, a 150 msnm (H. Ayuntamiento de San Pedro Pochutla, n.d.).

Una de las playas turísticas que pertenecen al municipio es Zipolite, que en 2010 tenía 1,059 habitantes y un grado de marginación alto (SEDESOL, 2013). Playa Zipolite tiene sedimentos de arena dorada con granulometría media, pendientes moderadas y oleaje fuerte. Debido a que se permite el nudismo y es apta para practicar deportes acuáticos a mar abierto recibe turismo nacional e internacional en temporada alta (navidad, semana santa y verano) y baja (resto del año).

Hasta el momento en Zipolite no existe información oficial sobre la cantidad de turistas que ingresan, sin embargo, se sabe que el turismo es la actividad principal de la zona. A orilla de la playa se encuentra el servicio de restaurantes, hoteles, cabañas y hamacas (Fotografía 1).



Actualmente la única regulación sobre residuos sólidos (RS) en el municipio es el Programa Estatal para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos y de Manejo Especial del Estado de Oaxaca, que tiene como objetivo “contar con propuestas de gestión a mediano plazo para la costa Oaxaqueña” (Gobierno de Oaxaca, 2017).

3.- OBJETIVOS

Ante la gran demanda turística y la falta de instrumentos para regular los RS en Zipolite se realizó este trabajo a fin de:

- Estimar la generación de RS en la zona hotelera y restaurantera en temporada baja
- Determinar la composición de RS
- Evaluar el manejo actual de los RS

4.- METODOLOGÍA

La Figura 1 muestra las etapas del estudio el cual se llevó a cabo en Octubre de 2018 (estación de Otoño)



4.1.- ACTIVIDADES PRELIMINARES

Se visitaron los negocios ubicados a orilla de playa y se hicieron las siguientes preguntas:

- ¿Qué cantidad de residuos en promedio se generan diariamente?
- ¿Se realiza separación de los residuos?
- ¿Qué día pasa el camión recolector de residuos?
- ¿Estaría dispuesto a proporcionar los residuos de su negocio generados en un día?

Se entregaron bolsas negras a los establecimientos que aceptaron participar en el estudio para que ahí depositaran los residuos.

4.2.- RECOLECCIÓN DE RESIDUOS

Los residuos generados (en un día) en los establecimientos fueron recolectados. Las bolsas (Fotografía 2) se trasladaron a la Universidad del Mar, para realizar el estudio de composición.



4.3.- ESTUDIO DE COMPOSICIÓN

La muestra total (64 kg) se clasificó sin aplicar el método de cuarteo. Antes de la clasificación se determinó el peso volumétrico, por triplicado, empleando la ecuación de la Norma Mexicana NMX-AA-019-1985 (SCFI, 1985):

$$P_v = \frac{P}{v}$$

Donde:

P_v : Peso volumétrico de los RS, kg/m³

P : Peso de los RS, kg

v : Volumen del recipiente, m³

La clasificación de residuos (Fotografía 3) se realizó con base al listado de materiales propuestos por la UNEP (Cheshire et al., 2009). Posteriormente se determinó su porcentaje de composición.



5.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos fueron los siguientes:

5.1.- PARTICIPACIÓN DE LOS NEGOCIOS

Se visitaron 20 locales, tres de los cuales ofrecían el servicio de restaurante, cuatro el de hotel y 13 ambos. Tres no especificaron la cantidad promedio de residuos generados; el resto reportó cantidades muy variables, que dependen de la capacidad del local para recibir cierto número de clientes, así como del recipiente que emplean para depositar sus residuos.

En la separación de residuos, el 90% reportó realizar la segregación de residuos orgánicos, PET, plásticos, latas, vidrio y/o cartón. La mayoría entregan los orgánicos para composteo; el PET a la escuela primaria, ya que lo acopia la asociación civil ECOCE y el resto los recogen personas interesados en ellos para su posterior comercialización.

El camión recolector de residuos del municipio no tiene acceso a la playa y orilla de esta sólo hay un contenedor de residuos. Debido a lo anterior, la recolección de residuos se hace a orilla de carretera en cualquier día de la semana (Figura 2). 15 establecimientos aceptaron entregar sus residuos para el estudio de composición, de los cuales 10 eran de restaurante & hotel, tres eran hoteles y dos restaurantes.

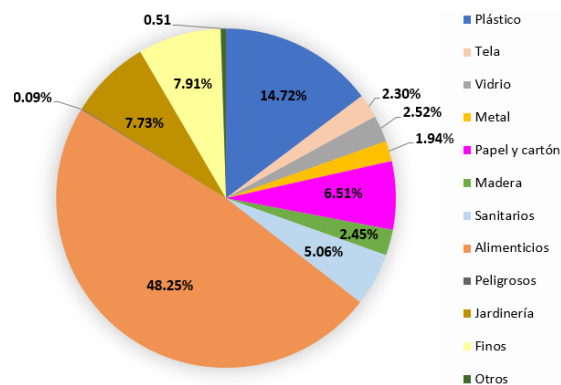


En cuanto al número de habitaciones o mesas por hotel o restaurante solo la base de datos del INEGI tiene registrados en total 1 172 cuartos por todos los restaurantes establecidos en San Pedro Pochutla (municipio al que pertenece Zipolite) (INEGI, 2018).

5.2.- COMPOSICIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS

El peso volumétrico promedio de los residuos fue de 235.58 kg/m³, esto indica que la muestra contenía en su mayoría residuos pesados.

La Figura 3 presenta la composición porcentual de los residuos. Se contemplaron 12 categorías, las más abundantes fueron alimenticios (48.25%), plásticos (14.72%), finos (7.91%) y jardinería (7.73%).



La abundancia de los residuos alimenticios (Fotografía 4a) se debe a que la mayoría de los negocios ofrece el servicio de restaurante. En cuanto a los finos estos no son un residuo típico de playa, pero como la muestra se obtuvo de los locales era de esperarse que la tierra presente fuera de las actividades de limpieza de sus instalaciones.

Por otro lado, los residuos de jardinería (Fotografía 4b) además de generarse en los jardines también pueden ser resultado de los adornos en las mesas de los restaurantes (flores, palmilla).



Los tres residuos plásticos más recurrentes fueron las botellas (0.35 kg). Esto se debe a que generalmente las bebidas están contenidas en botellas de plástico por su bajo costo y su facilidad de recolección para su posterior reciclaje, mientras que las bolsas de plástico se usan para depositar los residuos.

El resto de las categorías de residuos tuvieron porcentajes de generación que van desde 0.09% (peligrosos) hasta 6.51% (papel y cartón).

6.- CONCLUSIONES

El estudio de composición de residuos en la zona hotelera y restaurantera de playa Zipolite permitió conocer las principales categorías presentes en los establecimientos comerciales, así como la forma en que se lleva su manejo y como el turismo de la zona puede participar en este contribuyendo de esta manera a la limpieza y conservación de la playa. Aunque el estudio se realizó en temporada baja, puede esperarse que en temporada alta la composición de los residuos sea similar, pues no se modifican las actividades de los establecimientos, y sólo se incrementa la intensidad de las mismas.

Las categorías con mayor proporción en los residuos fueron alimenticios (48.25%), y jardinería (7.73%). Ambos se compostean en la localidad, sin embargo, cuando las cantidades son grandes se entregan al camión recolector, ya que el composteo es a escala pequeña, lo cual impide recibir grandes cantidades de residuos.

Lo ideal sería que el municipio instalara una planta de composta para residuos orgánicos de las localidades aledañas y empresas particulares, de este modo habría beneficio para los actores involucrados. El municipio ahorraría dinero al no buscar el sitio donde disponer los residuos orgánicos y además podría obtener ganancias al vender la mayor parte del producto obtenido (composta), con lo cual alargaría la vida del relleno sanitario y generaría ganancias a la planta de composta al ofrecer el servicio.

Por otro lado, si para los residuos inorgánicos que se separan en Zipolite se suma el porcentaje obtenido de este estudio se tiene que el 11.33% podrían reciclarse lo cual evitaría que terminen en un relleno sanitario.

Aunque se cuenta con poca participación del municipio, los locatarios han intentado llevar de la mejor manera el manejo de sus residuos; esto se ve reflejado en las acciones antes mencionadas y en la participación de los trabajadores de los negocios al barrer y recolectar los residuos tirados frente a su local. Si bien, se está evitando que en temporada baja cerca

del 67.31% de residuos vayan a relleno sanitario y lleguen al mar (si se disponen de manera inadecuada) es importante que el municipio coloque contenedores de residuos a orilla de la playa porque únicamente se observó uno. Quizás en temporada baja esto no sea problema, pero en temporada alta podría ocasionar falta de lugar donde colocar los residuos y que por ende vayan al mar.

7.- REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bergmann, M., Tekman, M. B., & Gutow, L. (2017). Sea change for plastic pollution. *Nature*, 544(7650), 297–297. <https://doi.org/10.1038/544297a>
- Cheshire, a, Adler, E., Barbière, J., & Cohen, Y. (2009). *UNEP/IOC Guidelines on survey and monitoring of marine litter. UNEP Regional Seas Reports and Studies, No. 186; IOC Technical Series.*
- Falk-Andersson, J., Berkhout, B. W., & Abate, T. G. (2019). Citizen science for better management: Lessons learned from three Norwegian beach litter data sets. *Marine Pollution Bulletin*, 138, 364–375. <https://doi.org/10.1016/J.MARPOLBUL.2018.11.021>
- Gobierno de Oaxaca. Resumen Ejecutivo del Programa Estatal para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos y de Manejo Especial del Estado de Oaxaca (2017). Retrieved from <http://www.medioambiente.oaxaca.gob.mx/transparencia/normatividad.html>
- H. Ayuntamiento de Oaxaca de Juárez. (n.d.). Oaxaca de Juárez. Retrieved from <http://www.inafed.gob.mx/work/enciclopedia/EMM20oaxaca/municipios/20067a.html>
- H. Ayuntamiento de San Pedro Pochutla. (n.d.). Oaxaca - San Pedro Pochutla. Retrieved December 4, 2018, from <http://www.inafed.gob.mx/work/enciclopedia/EMM20oaxaca/municipios/20324a.html>
- INEGI - Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2018). México en Cifras - San Pedro Pochutla, Oaxaca (20324). Retrieved March 16, 2019, from <https://www.inegi.org.mx/app/areasgeograficas/?ag=20#>
- Kuo, F.-J., & Huang, H.-W. (2014). Strategy for mitigation of marine debris: Analysis of sources and composition of marine debris in northern Taiwan. *Marine Pollution Bulletin*, 83(1), 70–78. <https://doi.org/10.1016/J.MARPOLBUL.2014.04.019>
- NOAA - National Oceanic and Atmospheric Administration. (2007). *NOAA's Marine Debris Program*. Retrieved from <https://www.broward.org/NaturalResources/BeachAndMarine/ReefRestoration/Documents/orandr.pdf>
- SCFI. NMX-AA-019-1985. Protección al ambiente - contaminación del suelo - residuos sólidos municipales - muestreo - peso volumétrico “in situ” (1985). Retrieved from <http://www.medioambiente.oaxaca.gob.mx/transparencia/2017/pdf/normatividad/federal/NMX/NMX-AA-019-1985.pdf>
- SEDESOL - Secretaría de Desarrollo Social. (2013). Resumen Municipal de San Pedro Pochutla. Retrieved December 4, 2018, from <http://www.microrregiones.gob.mx/catloc/LocdeMun.aspx?tipo=clave&campo=loc&ent=20&mun=324>
- Simeonova, A., Chuturkova, R., & Yaneva, V. (2017). Seasonal dynamics of marine litter along the Bulgarian Black Sea coast. *Marine Pollution Bulletin*, 119(1), 110–118. <https://doi.org/10.1016/J.MARPOLBUL.2017.03.035>
- UNEP - United Nations Environment Programme. (2005). *Marine litter, an analytical overview*. UNEP. Retrieved from <http://wedocs.unep.org/handle/20.500.11822/8348>

ESTUDO DO CENÁRIO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS ORGÂNICOS NO MUNICÍPIO DE BELO HORIZONTE - BRASIL

RAPHAEL TOBIAS DE VASCONCELOS BARROS, Universidade Federal de Minas Gerai, raphael@desa.ufmg.br

LARISSA MARQUES DINIZ MARTINS, Universidade Federal de Minas Gerai, larissa.engambiental@gmail.com

Resumo

A geração dos resíduos sólidos é um fator de contribuição para a crise ambiental, uma vez que representam desperdício de matéria orgânica e energia. Todo este volume produzido é normalmente disposto em aterros sanitários, aterros controlados ou até mesmo em lixões. A compostagem é uma alternativa para o tratamento dos resíduos orgânicos, como consequência aumenta a vida útil do aterro, reduz a concentração da carga orgânica no lixiviado gerado e a redução da emissão de gases de efeito estufa. Portanto, devem-se buscar novas fontes alternativas e inovadoras de tratamento. A análise do estudo de cenário é importante para identificar futuros projetos e estratégias de alterar o cenário projetado diante de uma realidade. Foram projetados quatro cenários: cenário padrão, redução de 5%, redução de 10% e redução de 20% - em um horizonte de 10 anos (2018 a 2028). Belo Horizonte possui uma ascensão em seu crescimento populacional, consequentemente de seus resíduos sólidos. Estima-se que em 2028, a população ultrapassará 2,6 milhões e a geração anual será mais de 670 mil toneladas. Além das ações de gestão dos resíduos voltadas para a redução ou minimização, deve-se também investir em ampliações da usina de compostagem ou novas tecnologias de aplicações, visto que uma pequena parcela dos resíduos orgânicos é destinada à compostagem.

Palavras-chave: Resíduos Sólidos; Resíduos Orgânicos; Análise de cenários.

Abstract

The generation of solid waste is a contributing factor to the environmental crisis, since it represents waste of organic matter and energy. All this volume produced is usually disposed of in landfills, controlled landfills or even in dumps. Composting is an alternative for the treatment of organic waste, as a consequence, it increases the useful life of the landfill, reduces the concentration of the organic load in the leachate generated and the reduction of the emission of greenhouse gases. Therefore, alternative and innovative sources of treatment should be sought. The analysis of the scenario study is important to identify future projects and strategies to change the scenario projected before a reality. Four scenarios were designed: standard scenario, reduction of 5%, reduction of 10% and reduction of 20% - over a 10 year horizon (2018 to 2028). Belo Horizonte has a rise in its population growth, as a result of its solid waste. It is estimated that by 2028, the population will exceed 2.6 million and the annual generation will be more than 670 thousand tons. In addition to waste management actions aimed at reducing or minimizing, one should also invest in composting plant extensions or new application technologies, since a small portion of the organic waste is destined for composting.

Keywords: Solid Waste; Organic waste; Scenario analysis.

1.- Introdução

Embora seja um processo natural, a geração de resíduos a partir do crescimento populacional, urbanização, comercialização e industrialização tornou-se diversa e em grandes quantidades, gerando conflitos e ocasionando em impactos ambientais negativos no ambiente em que vivemos (Barros, 2012).

A fração orgânica de resíduos sólidos domiciliares é de aproximadamente 50% (Abrelpe, 2017), podendo constituir-se numa fonte de degradação e impactos ao ambiente. Além da parte orgânica proveniente dos resíduos domiciliares, há também a contribuição dos resíduos gerados em feiras, sacolões, mercados; além dos serviços públicos, comerciais e industriais. Todo este volume produzido é normalmente disposto em aterros sanitários, aterros controlados ou até mesmo em lixões, não somente ocupando grande espaço, como também ocasionando poluição do solo e dos recursos hídricos, se dispostos de maneira incorreta. Em 2014, dos 64.4 milhões de toneladas de resíduos coletados no Brasil, 52,4% foram dispostos em aterros sanitários e apenas 3,9% foram encaminhados para unidades de triagem e de compostagem (SNIS, 2014). A destinação dos resíduos orgânicos para aterros sanitários é uma tecnologia comum para a eliminação de resíduos. Contudo, não os tratam. Causando, ainda, impactos negativos em virtude da geração do gás metano, mau odor, crescimento de patógenos e rápida oxidação (Aracon, 2013). A geração dos resíduos sólidos é um fator de contribuição para a crise ambiental, uma vez que representam desperdício de matéria orgânica e energia (Medeiros, 2015).

Gomes (2015) afirma que a compostagem é uma alternativa para tratar resíduos orgânicos, como consequência aumenta a vida útil do aterro, reduz a concentração da carga orgânica no lixiviado gerado e a redução da emissão de gases de efeito estufa. Contudo, Arancon (2013) ressalta que a busca por fontes alternativas e inovadoras tem sido crescente. As tecnologias vão além da compostagem, como alimentação animal e digestão anaeróbia, por exemplo.

Atualmente, a capital de Minas Gerais encaminha todos seus resíduos para um único aterro, localizado em Sabará, um município da Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH), localizado a 17 km. Neste sentido, a análise do estudo de cenário dos resíduos sólidos, e em especial aos resíduos orgânicos, é importante para identificar futuros projetos e estratégias de alterar o cenário projetado diante de uma realidade.

2.- Objetivos

O objetivo do presente artigo é de analisar possíveis cenários de resíduos orgânicos em Belo Horizonte, como forma de planejamento da gestão dos resíduos sólidos, tanto pelos órgãos gestores públicos quanto pelas empresas de limpeza urbana.

3.- Metodologia

A metodologia proposta no artigo consiste na caracterização do histórico do cenário dos resíduos sólidos, em especial a parcela orgânica, gerados em Belo Horizonte, durante os anos de 2008 a 2016, utilizando-se dados do Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos (SINIR) e do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS). Após, desenvolvido o método prospectivo de cenários futuros de geração de resíduos orgânicos até 2036, ou seja, horizonte de 20 anos, com base nos dados do Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos de Belo Horizonte (PMGIRS-BH).

Segundo Daskalopoulos (1998), a análise de cenário é uma ferramenta de planejamento estratégico que consiste na projeção de cenários futuros, utilizando tendências históricas. Desta forma, auxilia na estratégia, permitindo uma visão mais clara e abrangente (Van der Heijden, 2004).

4.- Resultados e discussão

Segundo o SINIR (2000) apud IBGE (2002), 4,5% dos resíduos orgânicos gerados no país eram enviados à compostagem. Já em 2008, este percentual reduziu drasticamente para 0,8% (SINIR, 2000 apud IBGE, 2008). Embora alguns municípios brasileiros implantaram 54 novas usinas de compostagem neste mesmo período. Em compensação o percentual de resíduos enviados para aterro sanitários aumentou em quase 122% em 08 anos, ou seja, de 2000 para 2008.

A tabela 01 apresenta a evolução do total de resíduos sólidos coletados em Belo Horizonte, seja pela Prefeitura, empresa terceirizada de limpeza urbana e catadores, bem como a quantidade de resíduos domiciliares e públicos coletados.

Ano	População Urbana	Total de resíduos coletados (t/ano)	Quantidade de resíduos domiciliares coletados(t/ano)	Quantidade de resíduos públicos coletados(t/ano)	Geração per capita (kg/hab x d)
2008	2 434 642	944 505.60	683 469.50	261 036.10	0.769
2009	2 452 617	603 591.10	561 846.40	41 744.70	0.628
2010	2 375 151	689 959.63	646 443.09	43 516.54	0.746
2011	2 385 640	742 075.00	611 083.00	130 992.00	0.702
2012	2 395 785	1 000 170.50	635 557.90	364 612.60	0.727
2013	2 479 165	940 358.40	672 842.80	267 515.60	0.744
2014	2 491 109	962 658.00	665 789.00	296 869.00	0.732
2015	2 502 557	822 063.90	682 715.90	139 348.00	0.747
2016	2 513 451	819 306.20	671 803.70	147 502.50	0.732

Observa-se uma variação na quantidade de resíduos domiciliares coletados, que acompanha a quantidade da população urbana. Nos anos de 2010 a 2013 houve uma queda da população urbana, refletindo na diminuição de resíduos coletados. No entanto, houve ascensão a partir de 2015. A geração per capita obteve maiores índices nos anos de 2008, em seguida de 2015 e 2013. A média da geração per capita neste período foi de 0.725 kg/hab.d.

Em relação aos resíduos orgânicos, observa-se que uma pequena parcela apenas é encaminhada à compostagem, conforme tabela 02, ou seja, menos de 1% da geração total de resíduos

Belo Horizonte possui uma usina de compostagem, localizada na Central de Tratamento de Resíduos Sólidos (CTRS), local onde operava há mais de 30 anos o antigo aterro do Município. A usina prioriza a coleta de resíduos orgânicos de fontes geradoras, como supermercados e feiras, além dos resíduos de poda. O produto final gerado neste processo (adubo) é utilizado nas praças e parques da cidade (Belo Horizonte, 2018). Não foram encontradas outras alternativas de tratamento da parcela orgânica no município.

Tabela 02. Relação de resíduos orgânicos gerados x Compostagem em Belo Horizonte

Ano	Quantidade prevista de resíduos orgânicos gerados (t) ¹	Quantidade de Resíduos Orgânicos na compostagem (t)
2008	341 734.75	2 327.60
2009	280 923.20	2 820.00
2010	323 221.55	4 151.00
2011	305 541.50	3 338.40
2012	317 778.95	8 849.10
2013	336 421.40	3 687.00
2014	332 894.50	2 786.00
2015	341 357.95	2 695.00
2016	335 901.85	2 180.40
MÉDIA	323 975.07	3 648.28

¹Projeção de 50% do total de resíduos domiciliares coletados (t/ano) da tabela 01.

Análise dos Resultados

Os cenários para a geração e gestão dos resíduos orgânicos em Belo Horizonte foram construídos a partir de hipóteses, como exemplos de aplicação de tal metodologia. Segundo Melo (2009), a construção de cenários é ilimitada, o que possibilita a visualização e comparação entre cada um. Os parâmetros principais que influenciam são “população” e “padrão de vida” (Melo, 2009) ou padrão de consumo (Medeiros, 2015).

Os dados foram analisados a partir do ano de 2018, conforme ilustra a tabela 03.

Tabela 03. Diagnóstico do ano de 2018

Ano	População Urbana	Total de resíduos (t/ano)	Quantidade prevista de resíduos orgânicos gerados (t/ano)	Geração per capita (kg/hab x d)
2018	2 513 107	675 231	300 410	0.736

Sendo assim, foram projetados quatro cenários: cenário padrão, redução de 5%, redução de 10% e redução de 20% - em um horizonte de 10 anos (2018 a 2028). O primeiro cenário consiste em manter os mesmos padrões atuais, tanto de consumo quanto de geração. Neste cenário, não há nenhuma influência de gestão. No segundo cenário, estima-se redução de 5% da geração dos resíduos, considerando a projeção de crescimento da população. Por fim, no terceiro cenário e no quarto projetam-se redução de 10% e 20%, respectivamente, na geração dos resíduos. Cabe ressaltar que a meta do PMGIRS é de redução de 10% na geração dos resíduos em um horizonte de 20 anos, ou seja, até 2036 (Belo Horizonte, 2017).

A tabela 04 apresenta os dados de projeção de 2028, incluindo população urbana, geração anual de resíduos domiciliares e de resíduos orgânicos, bem como os resultados dos quatro cenários propostos.

Tabela 04. Diagnóstico do ano de 2028

População Urbana	2 642 990
Quantidade prevista de resíduos orgânicos gerados	315 245
Cenário 01 (padrão) t/ano	315 245
Cenário 02 (-5%)	299 483
t/ano	
Cenário 03 (-10%)	283 721
t/ano	
Cenário 04 (-20%) t/ano	239 586

A geração de resíduos orgânicos está abaixo do índice apresentado no PMGIRS para o mesmo ano, cuja previsão anual de resíduos orgânicos é de 299 980 t/ano, para os cenários 02, 03 e 04.

Alguns estudos apontam uma grande variação entre a fração dos resíduos orgânicos no município de Belo Horizonte; de 48.77% a 61.59% (PMGIRS, 2017). Segundo SINIR (2002) apud IBGE (2010), em 2008 do total de resíduos orgânicos coletados, apenas 1.6% foram direcionadas à compostagem.

5.- Conclusões

Belo Horizonte possui uma ascensão em seu crescimento populacional, consequentemente de seus resíduos sólidos. Estima-se que em 2028, a população ultrapassará 2.6 milhões e a geração anual será mais de 670 mil toneladas.

As análises de cenário permitem avaliar caminho e definir estratégias e planejamentos, portanto podem ser caracterizadas como uma importante ferramenta de gestão dos resíduos.

Considerando os dados analisados, avaliou-se que o tratamento da parcela orgânica dos resíduos domiciliares, por meio da compostagem, ainda é pouco utilizado nas gestões públicas, incluindo aquela praticada em Belo Horizonte. Os motivos podem ser explicados pela dificuldade da segregação na fonte geradora; falta de manutenção do processo; preconceito por parte da população; e a falta de investimentos nesta área.

As ações de gestão dos resíduos voltadas para a redução ou minimização dos resíduos sólidos são de extrema importância. No entanto, deve-se também investir ampliações da usina de compostagem ou novas tecnologias de aplicações, visto que uma pequena parcela dos resíduos orgânicos é destinada à compostagem.

6.- Referências bibliográficas

Abrelpe (2017) Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil – 2017. https://belasites.com.br/clientes/abrelpe/site/wp-content/uploads/2018/09/SITE_grappa_panoramaAbrelpe_ago_v4.pdf (accessed 20 October 2018)

Aracon, R., Lin, C., Chan, K., Kwan, T., Luque, R. (2013). Advances on waste valorization: new horizons for a more sustainable Society. *Energy Science and Engineering*. *Energy Science and Engineering*, **1**(2), 53-71.

Barros, R. (2012). *Elementos de Gestão de Resíduos Sólidos*. Tessitura, Belo Horizonte.

Belo Horizonte (2017) Superintendência de Limpeza Urbana: Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos de Belo Horizonte. https://prefeitura.pbh.gov.br/sites/default/files/estrutura-de-governo/slu/2018/documentos/versao_final_pmgirs-bh_mma.pdf (accessed 28 October 2018)

Daskalopoulos, E.; Badr, O., Probert, S. (1998). Municipal solid waste: a prediction methodology for the generation rate and composition in the European Union and the United States of America. *Resources, Conservation and Recycling*, **24**(1), 155-166.

Gomes, L., Kohl, C., Souza, C., Rempel, N., Miranda, L., Moraes, C.(2015). Avaliação ambiental de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos precedidos ou não por unidades de compostagem. *Revista Engenharia Ambiental e Sanitária*, **20**(3), 449-462.

Medeiros, J., Da Paz, A., Morais Júnior, J. (2015). Análise da evolução e estimativa futura da massa coletada de resíduos sólidos domiciliares no município de João Pessoa e relação com outros indicadores de consumo. *Revista Engenharia Ambiental e Sanitária*, **20**(1), 119-130.

Melo, L., Sautter, K., Janissek, P. (2009). Estudo de cenários para o gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos de Curitiba. *Revista Engenharia Sanitária e Ambiental*, **14**(4), 551-558.

SINIR (2011) Plano Nacional de Resíduos Sólidos: Diagnóstico da situação atual dos resíduos sólidos no Brasil. http://sinir.gov.br/images/cadernos_de_diagnostico/01_CADDIAG_Res_Sol_Urbanos.pdf. (accessed 25 October 2018)

SNIS (2008) Diagnóstico SNIS de 2008. <http://www.snis.gov.br/diagnostico-residuos-solidos/diagnostico-rs-2008> (accessed 13 October 2018)

SNIS (2009) Diagnóstico SNIS de 2009. <http://www.snis.gov.br/diagnostico-residuos-solidos/diagnostico-rs-2009> (accessed 13 October 2018)

SNIS (2010) Diagnóstico SNIS de 2010. <http://www.snis.gov.br/diagnostico-residuos-solidos/diagnostico-rs-2010> (accessed 13 October 2018)

SNIS (2011) Diagnóstico SNIS de 2011. <http://www.snis.gov.br/diagnostico-residuos-solidos/diagnostico-rs-2011> (accessed 13 October 2018)

SNIS (2012) Diagnóstico SNIS de 2012. <http://www.snis.gov.br/diagnostico-residuos-solidos/diagnostico-rs-2012> (accessed 13 October 2018)

SNIS (2013) Diagnóstico SNIS de 2013. <http://www.snis.gov.br/diagnostico-residuos-solidos/diagnostico-rs-2013> (accessed 13 October 2018)

SNIS (2014) Diagnóstico SNIS de 2014. <http://www.snis.gov.br/diagnostico-residuos-solidos/diagnostico-rs-2014> (accessed 13 October 2018)

SNIS (2015) Diagnóstico SNIS de 2015. <http://www.snis.gov.br/diagnostico-residuos-solidos/diagnostico-rs-2015> (accessed 13 October 2018)

SNIS (2016) Diagnóstico SNIS de 2016. <http://www.snis.gov.br/diagnostico-residuos-solidos/diagnostico-rs-2016> (accessed 13 October 2018)

Van Der Heijden, K. (2004). *Cenários: a arte da conversação estratégica*. Bookmann, Porto Alegre.

NOVAS PERSPECTIVAS DE REAPROVEITAMENTO DE RESÍDUOS AGROALIMENTARES – UMA ANÁLISE SOBRE RESÍDUOS ÚMIDOS DE CERVEJARIA

RAPHAEL TOBIAS DE VASCONCELOS BARROS, Universidade Federal de Minas Gerai, raphael@desa.ufmg.br

LARISSA MARQUES DINIZ MARTINS, Universidade Federal de Minas Gerai, larissa.engambiental@gmail.com

Resumo

Os resíduos, sejam eles agrícolas, alimentares ou industriais, são gerados em grandes quantidades, gerando um problema significativo na gestão e eliminação. Os resíduos gerados nos processos agroindustriais podem proporcionar problemas ambientais, caso não tenham destinação ambientalmente adequada. Os resíduos gerados no processo de fabricação da cerveja, em especial o Resíduo Úmido de Cervejaria, vem tendo outras finalidades de reaproveitamento. Este é um dos resíduos gerados no processo de fabricação. Geralmente, os principais tratamentos são compostagem, nutrição animal e biodigestão anaeróbia. No entanto, os resíduos gerados na fabricação de cerveja possuem boa concentração de proteínas e matéria solúvel como carboidratos, vitaminas e sais minerais. Desta forma, torna-se uma fonte potencial de incorporação na nutrição animal e em alimentos funcionais. Sendo assim, alimentos fortificados com tal tipo de resíduo podem ser considerados como alimentos funcionais, visto que possui alto teor de fibras, proteínas e açúcares, contribuindo com aumento do valor nutricional e funcional do produto final. Outras alternativas encontradas são direcionadas para a remoção de contaminantes como adsorvente. Embora existam diversas aplicações, a utilização da RUC ainda é pouco difundida.

Palavras-chave: Resíduos Sólidos; Resíduos Úmidos de Cervejaria; Reaproveitamento de resíduos.

Abstract

Waste, be it agricultural, food or industrial, is generated in large quantities, generating a significant problem in management and disposal. Waste generated in agro-industrial processes can provide environmental problems if they are not environmentally appropriate. The waste generated in the brewing process, in particular the Wet Brewer's Grains (WBG) has been used for other reuse purposes. This is one of the wastes generated in the manufacturing process. Generally, the main treatments are composting, animal nutrition and anaerobic biodigestion. However, the residues generated in brewing have a good concentration of proteins and soluble matter such as carbohydrates, vitamins and minerals. In this way, it becomes a potential source of incorporation into animal nutrition and into functional foods. Thus, foods fortified with such a residue can be considered as functional foods, since it has high content of fibers, proteins and sugars, contributing with increase of the nutritional and functional value of the final product. Other alternatives found are directed to the removal of contaminants as adsorbent. Although there are several applications, the utilization of WBG is still poorly spread.

Keywords: Solid Waste; Wet Brewer's Grains; Reuse of waste.

1.- Introdução

A cerveja é uma das bebidas mais antigas, tendo sido consumida como o alimento (Morado, 2009). Segundo dados da Associação Brasileira da Indústria da Cerveja (CervBrasil, 2016), o Brasil é o terceiro maior produtor mundial de cerveja, ficando atrás apenas da China e dos Estados Unidos. Em se tratando de consumo per capita, o país que mais consome é a República Tcheca; sendo cerca de 140 litros por habitante ao ano. O Brasil ocupa a 17ª posição no ranking mundial. O consumo anual no país gira em torno de 14 bilhões de litros de cerveja. O setor representa 1,6% do Produto Interno Bruto (PIB) nacional. O setor está perto de atingir a meta de lixo zero como resultado de um trabalho contínuo que vem sendo desenvolvido há quase duas décadas pelos fabricantes, em várias frentes, com resultados notáveis (CervBrasil, 2018).

Os principais ingredientes para fabricação são água, malte, lúpulo e levedura. O processo geral é comum a todos os fabricantes (Sebrae, 2018). Segundo a CervBrasil (2018). Existem diversos tipos de cerveja, mas destaca-se duas grandes famílias, de acordo com o tipo de fermentação: a tipo *lager* (baixa fermentação) e a tipo *ale* (alta fermentação). Para se

produzir ambos tipos são realizadas as etapas de: obtenção do malte, preparação do mosto, fermentação, processamento da cerveja, envase e distribuição (Cetesb, 2005).

Os principais resíduos gerados nos processos de fabricação da cerveja são: restos de casca e polpa dos grãos de malte, bagaço do malte; trub grosso, composto de gordura vegetal e proteínas coaguladas; o trub fino, também composto de gordura vegetal (Cetesb, 2005). O resíduo de bagaço do malte, também é conhecido por Resíduo Úmido de Cervejaria (RUC). Outros tipos de resíduos, não menos expressivo, são os rótulos e as embalagens danificadas e/ou fora do padrão (Cetesb, 2005). Estes são fabricados em material reciclável, o que permite um melhor destino final, ou seja, a reciclagem. Brochier (2009) apud Fischer (1996) citam que para cada 100 kg de malte de cevada que se utiliza para elaboração da cerveja, obtém-se de 110 a 120 kg de resíduo úmido de cervejaria. Portanto, há geração expressiva de resíduos durante o processo de fabricação da cerveja.

Os resíduos, sejam eles agrícolas, alimentares ou industriais, são gerados em grandes quantidades, diariamente, gerando um problema significativo na sua gestão e eliminação. Muitas das vezes são gerados como desperdícios de alimentos. Mas têm recebido cada vez mais valor nas áreas de pesquisa, consequentemente atraindo grande atenção. Portanto, sua valorização consiste na conversão em produtos mais úteis, incluindo produtos químicos, materiais e combustíveis. Esse conceito está sendo utilizado cada vez mais, em virtude do rápido esgotamento dos recursos naturais não renováveis, além do aumento da geração de resíduos e aumento exacerbado da capacidade dos aterros (Arancon, 2013).

O RUC é caracterizado, principalmente, pela elevada carga orgânica. Portanto, requerem um tratamento adequado. Existem aplicações para os resíduos da cervejaria, no entanto, este conceito ainda é pouco difundido. (Parpinelli, 2016). Os principais tratamentos são compostagem, nutrição animal e biodigestão anaeróbia. Sendo assim, este trabalho objetiva identificar e analisar as principais destinações dada aos resíduos úmidos de cervejaria e analisar os principais estudos que apontam novas perspectivas de reaproveitamento.

2.- Objetivos

O objetivo do presente artigo é de analisar possíveis aplicações para os resíduos úmidos de cervejaria, bem como novas tecnologias de aplicação conforme revisão bibliográfica. A escolha pelo resíduo se dará em virtude da sua importância em relação à geração e ao tratamento.

3.- Metodologia

A metodologia proposta no artigo consiste na revisão bibliográfica de estudos existentes que envolvem a caracterização, geração e tratamento dos resíduos úmidos de cervejaria, no Brasil e no mundo. Os trabalhos foram pesquisados através do Portal da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) por meio das seguintes palavras-chave: “resíduos sólidos”, “resíduo úmido de cervejaria” e “resíduos agroalimentares”, tanto em português quanto em inglês. O periódico analisado foi entre 2008 a 2018. A busca também se deu em livros e publicações específicas do setor cervejeiro.

4.- Resultados e discussão

As principais características do RUC são a alta geração; não há sazonalidade, ou seja, há produção durante todo o ano; e baixo custo – R\$ 0,07/kg (Brochier, 2009). Além de ser gerado em grande quantidade. Cetesb (2005) apontou que a geração do bagaço do malte representa de 14 a 20 kg por hectolitro de cerveja produzida. Em relação à sua composição, é rico em proteína bruta e fibra, em comparação com outros resíduos agroalimentares como por exemplo o milho desintegrado (Brochier, 2009). Mussatto (2006) afirma ainda que também é material lignocelulósico e potencial fonte de ácidos fenólicos. A composição do RUC apresenta elevada quantidade de aminoácidos, especialmente aqueles considerados essenciais para as aves tais como: lisina, treonina, metionina e histidina (Parpinelli, 2016 apud McDonald, 1995).

Os principais tratamentos e as novas perspectivas de reaproveitamento podem ser listados: nutrição animal, extração de componentes fenólicos, incorporação em alimentos funcionais e outras alternativas. A seguir serão abordadas com detalhe cada uma delas.

Nutrição animal

Os subprodutos da atividade agroindustrial têm sido utilizados como alimentos alternativos na nutrição de animais, em virtude do baixo custo e alto potencial nutritivo.

O RUC possui boas características nutricionais, portanto são comumente usados na fabricação de ração animal (Cetesb, 2005) e outras aplicações comuns (Mussato, 2006). Os ruminantes, em especial, possuem maior capacidade de transformar resíduos de vegetais em nutrientes (Brochier, 2009). Todo o RUC, como parte de uma ração completa, tem benefícios nutricionais para diversos animais, inclusive para bovinos (Stefanello, 2014).

Brochier e Carvalho (2009) avaliaram os aspectos econômicos e produtivos do uso do resíduo úmido de cervejaria em substituição de alimentos concentrado na alimentação de 25 cordeiros confinados, durante 77 dias. O alimento concentrado foi constituído por milho desintegrado, farelo de soja, calcário calcítico e resíduo úmido de cervejaria. Os autores relataram que o peso diário destes animais decresceu ao longo do tempo, justificando-se pela redução no aporte energético das dietas com a elevação do nível de substituição do concentrado por resíduo úmido de cervejaria, e pela redução no consumo de matéria seca. Portanto, a substituição seria de, no máximo, 31,1%; uma vez que níveis acima reduzem mais o peso do animal.

De acordo com Silva (2010), o índice máximo de RUC úmido é até 25% como substituto ao concentrado em dietas para cabras. Assim, não há alteração da digestibilidade dos nutrientes.

Geron (2010) avaliou o efeito de RUC na composição e produção de leite de gado leiteiro. A inclusão de até 15% não alterou o consumo de nutrientes, e os coeficiente de digestibilidade, de carboidratos e de fibras.

O resíduo de cervejaria também é considerado uma fonte de alimento alternativos para aves. Parpinelli (2016) avaliou o Resíduo Seco de Cervejaria (RSC) incluindo em rações para aves de corte, entre 1 e 21 dias de vida. Observou-se que o desempenho do crescimento não foi afetado pela alimentação, analisando pelas variáveis: conversão alimentar, consumo médio de ração e desempenho de ganho médio de peso.

Parpinelli (2016) ainda avaliou o mesmo desempenho, porém para aves entre 21 e 42 dias de vida. No entanto, neste caso houve maior ganho de peso pelas aves. Sugerindo-se, portanto, a inclusão de até 10% do resíduo, sem que ocorra prejuízo no desempenho destas aves.

Extração de componentes fenólicos

Stefanello et al. (2014) analisaram os resíduos úmidos de cervejaria como potenciais fontes de compostos fenólicos e a sua incorporação na nutrição animal e em alimentos funcionais. Os ácidos fenólicos mais presente nos RUC é o ácido ferúlico - que é em média 336 mg/100g de Matéria Seca (MS) - seguido do ácido p-cumárico - 64,4 mg/100g de MS. Obtendo o primeiro excelente potencial antioxidante em baixas concentrações. A importância dos ácidos fenólicos é em relação ao seu potencial antioxidante, vem como efeitos anti-inflamatório, anticancerígeno e anti-aterogênico, não somente em humanos, mas inclusive em animais.

Incorporação em alimentos funcionais

Os RUC também foram incorporados em receitas de alimentos funcionais, como substituto de farinha de trigo (Öztürk, 2002) e farinha de milho (Ainsworth, 2007). Ambos estudos apontaram que os alimentos fortificados com RUC podem ser considerados como alimentos funcionais.

Kim (2013) avaliou a adição da fibra alimentar de RUC em hambúrgueres de frango, observando-se que em até 3% do extrato de fibra dietética (ou seja, baixa concentração), houve maior aceitação do produto final.

Mattos (2010) avaliou o uso do bagaço do malte para ingrediente em fabricação de pães, visto que este resíduo possui alto teor de fibras, proteínas e açúcares, contribuindo com aumento do valor nutricional e funcional do produto final. Assim, avaliou-se que a proporção ideal é de 30g do resíduo para cada 100 g de farinha de trigo. Obtém-se assim, 4,51 g de fibra

a cada 100 gr. Mattos (2010) apontou ainda que a aceitabilidade do produto foi superada, em relação ao aroma, sabor e textura.

Neste sentido, embora seja comprovada sua eficiência, ainda há preocupação em termos da aparência do produto, com relação ao tamanho partícula e a coloração marrom do resíduo, o que não agrada visualmente o consumidor (Stefanello, 2014).

Outras alternativas

O bagaço de malte, subproduto da indústria cervejeira, tem ganhado destaque como um possível bioissorvente para remoção de contaminantes de águas residuárias.

Nunes (2017) avaliou o uso do bagaço do malte como adsorventes para remoção de corante vermelho procion e azul de metileno em efluentes. Estes resíduos têm uso potencial como adsorventes, pois possui estrutura lignocelulósica que pode sofrer modificações químicas e físicas. Fontana (2016) também avaliou a remoção de corantes reativos em soluções aquosas, por meio do bagaço do malte.

Ferraz; Tavaes; Teixeira (2005) avaliaram positivamente a remoção de cromo, também por meio do bagaço de malte como adsorvente. Neste caso, a capacidade máxima de adsorção foi de 17,84 mg Cr/g e biomassa; considerado satisfatório. Observou-se também a remoção de íon metálico presente.

Hasan (2014) apontou que os resíduos gerados na fabricação de cerveja possuem boa concentração de proteínas e matéria solúvel como carboidratos, vitaminas e sais minerais. Portanto, tem potencial para serem utilizados como substrato na produção de proteases fúngicas pela fermentação em estado sólido. Estes processos são simples e econômicos, o que viabiliza sua implantação.

Diante da crescente busca por fontes de energia renovável, a biomassa tem-se mostrado particularmente promissora. Inclusive no Brasil, que possui alto potencial de exploração, embora seja pouco explorado. Pierri (2016) avaliou a produção de biomassa a partir de resíduos de principais culturas, incluindo o farelo da cevada. Cabe ressaltar ainda o potencial de produção biotecnológica de xilitol também por meio do farelo da cevada, principal ingrediente da fabricação da cerveja (Tamanini, 2004).

5.- Conclusões

Os resíduos gerados nos processos agroindustriais podem proporcionar problemas ambientais, caso não tenham destinação ambientalmente adequada. Neste sentido, os resíduos gerados no processo de fabricação da cerveja, em especial o Resíduo Úmido de Cervejaria, vem tendo outras finalidades de reaproveitamento. Por se tratarem de alimentos ricos em nutrientes têm grande potencial de uso seja como alimento alternativo em nutrição animal, ou como adsorvente removendo impurezas em efluentes domésticos e industriais. No entanto, a utilização do RUC ainda é pouco difundida, assim sua qualidade como ingrediente ainda é jugada. Por isso, seu potencial como fonte alternativa de alimento é pouco explorado, necessitando-se de mais estudos para comprovação.

6.- Referências bibliográficas

Ainsworth, P. (2007). Effect of brewers spent grain addition and screw speed on the selected physical and nutritional properties of an extruded snack. *Journal of Food Engineering*, **81**(1), 702–709.

Aracon, R., Lin, C., Chan, K., Kwan, T., Luque, R. (2013). Advances on waste valorization: new horizons for a more sustainable Society. *Energy Science and Engineering*, **1**(2), 53-71.

Borges, M., Neto, S. (2009). Meio ambiente x Indústria de cerveja: um estudo de caso sobre práticas ambientais responsáveis. In: Congresso Nacional de Excelência em Gestão, **5**(1).

Brochier, M., Carvalho, S. (2009). Aspectos ambientais, produtivos e econômicos do aproveitamento de resíduo úmido de cervejaria na alimentação de cordeiros em sistema de confinamento. *Ciências e Agrotecnologia*, **33**(5), 1392-1399.

CervBrasil (2018). http://www.cervbrasil.org.br/novo_site/dados-do-setor/ (accessed 07 October 2018)

CervBrasil (2018) http://www.cervbrasil.org.br/novo_site/anuarios/CervBrasil-Anuario2016_WEB.pdf. (accessed 07 October 2018)

CETESB (2005). *Cervejas e Refrigerantes – Série P+L*. São Paulo.

Ferraz, A., Tavares, M., Teixeira, J. (2005). Sorption of Cr (III) from aqueous solutions by spent brewery grain. *International Chemical Engineering Conference*. Departamento de Engenharia Química da Universidade de Coimbra.

Fontana, K. (2016). Textile dye removal from aqueous solutions by malt bagasse: Isotherm, kinetic and thermodynamic studies. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, **124**(1), 329-336.

Geron, L. (2010). Consumo, digestibilidade dos nutrientes, produção e composição do leite de vacas alimentadas com resíduo de cervejaria fermentado. *Acta Scientiarum Animal Sciences*, **32**(1), 69-76.

Hasan, S. (2014). Otimização da extração de proteases fúngicas obtidas por fermentação em estado sólido de resíduos de cervejaria. *Engevista*, **16**(2), 244-254.

Kim, H. (2013). Effects of dietary fiber extracts from brewers spent grain on quality characteristics of chicken patties cooked in convective oven. *Korean Journal for Food Science of Animal Resources*, **33**(1), 45-52.

Mattos, C. (2010). *Densenvolvimento de pão fonte de fibras a partir do bagaço de malte*. Master thesis., Instituto de Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brasil.

Morado, R. (2009). *Larousse da Cerveja*. Larousse do Brasil, São Paulo.

Mussato, S., Dragone, G., Roberto, I. (2006). Brewers' spent grain: generation, characteristics and potential applications. *Journal of Cereal Science*, **43**(1), 1-14.

Nunes, I. (2017). Proposta de reaproveitamento de biomassa proveniente de agroindústrias na Região Noroeste (RS) para processo de adsorção visando a remoção de corantes em efluentes contaminados. *III ENPI – Encontro Nacional de Propriedade Intelectual*, **3**(1), 197-202.

Parpinelli, W. (2016). *Utilização do resíduo seco de cervejaria na alimentação de frangos de corte*. PhD thesis. Departamento de Zootecnia. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Dois Vizinhos, Brasil.

Pierri, L. (2016). Sazonalidade e potencial energético da biomassa residual agrícola na região dos Campos Gerais Paraná. *Revista Ceres*, **63**(2), 129-137.

Sebrae - Microcervejarias (2018) [http://www.bibliotecas.sebrae.com.br/chronus/ARQUIVOS_CHRONUS/bds/bds.nsf/8818d2954be64fcda8628defef1f70f8/\\$File/7503.pdf](http://www.bibliotecas.sebrae.com.br/chronus/ARQUIVOS_CHRONUS/bds/bds.nsf/8818d2954be64fcda8628defef1f70f8/$File/7503.pdf) (accessed 07 October 2018)

Silva, V. (2010). Resíduo úmido de cervejaria na alimentação de cabras. *Revista Brasileira de Zootecnia*, **39**(7), 1595-1599.

Stefanello, F. (2014). Resíduos de cervejaria: Bioatividade dos compostos fenólicos; Aplicabilidade na nutrição animal e em alimentos funcionais. *Revista do Centro do Ciências Naturais e Exatas*, **18**(1), 01-10.

Tamanini, C.; Haully, M. (2004). Resíduos agroindustriais para a produção biotecnológica de xilitol. *Ciências Agrárias, Londrina*, **25**(4), 315-330.

ESTUDIO PARA EL SANEAMIENTO Y CLAUSURA DEL BOTADERO DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DEL MUNICIPIO DE FONSECA, LA GUAJIRA-COLOMBIA

ANDRES GALINDO MONTERO, Universidad de La Guajira, agalindo@uniguajira.edu.co

JHONNY PÉREZ MONTIEL, Universidad de La Guajira, jpemon@uniguajira.edu.co, jpemon@hotmail.com

ENRIQUE TONCEL PACHECO, Universidad de La Guajira, etonce@uniguajira.edu.co

Resumen

El objetivo de ese trabajo fue tener los elementos básicos para el saneamiento y clausura del botadero de residuos sólidos del municipio de Fonseca y Distracción, La Guajira-Colombia. Se realizaron caracterizaciones a los residuos que llegaban de los camiones y los acumulados en el botadero. Para la modelación de lixiviados y biogás, se usó el modelo CORENOSTÓS. La disposición final de los residuos se realiza a cielo abierto en un predio del municipio ubicado a 2.5 kilómetros del perímetro urbano. La única actividad que se realiza es apilar los residuos en el fondo del predio cuando el área de acceso a los camiones está saturada. El botadero actual se encuentra a menos de 50 metros del arroyo La Quebrada, a su alrededor hay varias fuentes de agua usadas para consumo humano. La producción per cápita fue de 0.6937 Kg/hab*día. La generación máxima de lixiviados y los gases se obtuvo a los 29 años (2008) de operación del botadero, con un volumen de 180.7 m³/año y 1518656 m³/año respectivamente. Como solución se plantearon dos alternativas. i) Construcción de un relleno sanitario regional y ii) adecuación ingenieril del botadero, siendo más recomendado la primera. Si no se atiende algunas de las alternativas señaladas el riesgo de contaminación se expandiría de manera incontrolada agravando la situación tanto a las poblaciones cercanas, fuentes hídricas y ambiente en general.

Palabras Clave: residuos sólidos, relleno sanitario, biogás, lixiviado

Abstract

The objective of this work was to have the basic elements for the sanitation and closure of the solid waste dump of the municipality of Fonseca and Distracción, La Guajira-Colombia. Characterizations were made to the residues that arrived from the trucks and those accumulated in the dump. For the modeling of leachates and biogas, the CORENOSTÓS model was used. The final disposal of the waste is made in open skies on a site of the municipality located 2.5 kilometers from the urban perimeter. The only activity that is done is to pile the residues at the bottom of the building when the access area to the trucks is saturated. The current dump is located less than 50 meters from the stream La Quebrada, around it there are several water sources used for human consumption. Production per capita was 0.6937 Kg/inhab*day. The maximum generation of leachates and gases was obtained at 29 years (2008) of operation of the dump, with a volume of 180.7 m³/year and 1518656 m³/year respectively. As a solution, two alternatives were proposed. I) Construction of a regional landfill and II) engineering adaptation of the dump, being more recommended the first. Failure to address some of the alternatives indicated would increase the risk of contamination uncontrolled, exacerbating the situation to nearby populations, water sources and the environment in general

Key Words: Solid waste, landfill, biogas, leachate.

Introducción

Desde los días de la sociedad primitiva, los seres humanos y los animales han utilizado los recursos de la tierra para la supervivencia y la evacuación de residuos. En tiempos remotos, la evacuación de los residuos humanos y otros no planteaba un problema significativo, ya que la población era pequeña y la cantidad de terreno disponible para la asimilación de los residuos era grande; sencillamente se arrojaba “lejos”, hasta que las ciudades crecieron y empezaron los problemas (Orozco, 1980). La salida de mejor manejo y más común en el mundo es el manejo de los residuos en rellenos sanitarios. La producción per cápita estima para Latinoamérica a 2012 fue 1,1 Kg/hab*día, lo que varía con los estrato socio económico de las ciudades (Hoornweg y Bhada-Tata, 2012) y la vida útil de estos lugares cada vez es menor. El incremento de los residuos urbanos ha obligado a buscar alternativas de aprovechamiento, reciclaje y reutilización, sin embargo en Colombia aún este proceso no ha avanzado con el rigor necesario, existiendo aún 114 botaderos a cielo abierto, estos lugares necesitan de un plan de saneamiento y clausura e implementar los rellenos sanitarios (Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, 2015).

Los botaderos a cielo abierto es muestra de una típica gestión de los residuos sólidos urbanos, lo cual genera efectos no solo a la salud humana sino que, también, están relacionado con la generación de contaminación atmosférica (olores, gases), la contaminación del suelo (lixiviado) y la contaminación de aguas superficiales y subterráneas, desvalorización de las prioridades aledañas. Un caso muy conocido sucedió en Colombia, generado por el mal manejo del relleno sanitario Doña Juana, de Bogotá, donde la contaminación de las aguas del río Tunjuelito fue contaminada por la falta de tratamiento de los lixiviados como lo corroboró el estudio realizado por la CAR de Cundinamarca en 1995 (CEPIS/OPS, 1999).

El problema en la zona del botadero de Fonseca se agrava porque en el predio se encauza una corriente que desemboca en el arroyo la Quebrada que se encuentra a menos de 50 m. Al rededor se encuentran pozos de suministro de agua potable, tanto en operación como en abandono, manantiales. El pozo que abastece a la comunidad de Los Altos se encuentra a menos de 500 m. Sin embargo, no se han realizado estudios para verificar si la actividad del botadero haya afectado la calidad superficial o subterránea de las de estas aguas, pues no se hace tampoco cobertura de los residuos lo que también puede contaminar por aerotransportación.

Objetivo

Determinar la línea base y elementos de juicio para la clausura del botadero de una ciudad ubicada cerca a fuentes hídricas.

Metodología

Recopilación de información básica. Fue necesario desarrollar un trabajo de campo en el lugar para recopilar la información básica: nivel de contaminación, riesgo de contaminación a las fuentes hídricas, acceso, número de personas expuestas, capacidad del sitio entre otras

Aplicación modelo computacional para determinar la producción de lixiviado y biogás. Para determinar la cantidad de lixiviado y biogás se usó el modelo CORENOSTÓS. Los lixiviados son generados por la biodegradación de los residuos orgánicos, que incrementan su volumen por las aguas lluvias que entran en contacto directo con el material expuesto.

Muestreo. La caracterización social se realizó a la comunidad de los Alpes por ser la más cercana y afectada por botadero. Para determinar la composición física de los residuos se realizó el método del cuarteo (Montoya, 2012), considerando los siguientes tipos de residuos: Papel y cartón; Material vegetal y orgánico; plástico, caucho y cuero; Metales; Vidrios entre otros.

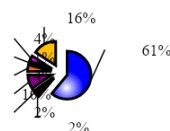
Resultados y discusión

Diagnóstico de los residuos y botadero

La vereda Los Altos jurisdicción del Municipio de Fonseca, presenta una baja densidad poblacional correspondiente a 137 habitantes que conforman 72 viviendas, 1 CAI (preescolar), 1 escuela de primaria, 1 cancha polifuncional, 1 piscina, 1 molino de viento, 1 pozo profundo y una gallera

En el botadero no existe asociación o agrupación de recicladores organizada, el reciclaje lo desarrollan de forma informal e individual de 5 a 20 personas de acuerdo a la temporada.

La producción precipita de los residuos sólidos. El análisis estadístico de la producción per cápita se efectúa en un hoja electrónica de Excel, donde se establece que la producción per cápita de residuos para los Municipios de Fonseca y Distracción, es de: 0.6937 Kg/hab-día, tal como se muestra en Tabla 1. Esta producción fue muy similar al encontrada en la ciudad de Chihuahua, Mexico con 0.676 kg/hab*día (Gomez *et al.*, 2008)



la

Materia Orgánica
Papel
Cartón

Tabla 1. Producción per cápita de residuos sólidos en los municipios de Fonseca y Distracción

Años	Población r = 1% (hab)	PPC (Kg/hab- día)	Producción			Volumen Compactados	
			Diaria (Kg)	Anual (Ton)	Acumulado Anual (Ton)	Diario (m³)	Anual (m³)
2006	25123	0.6937	17427	6361	6361	43.6	15902
2007	25374	0.7006	17777	6489	12850	44.4	16222
2008	25628	0.7076	18134	6619	19469	45.3	16548

Los 6 muestreos realizados arrojan una composición promedio predominante de la materia orgánica (residuos de alimento, frutas y verduras, madera, follaje); plástico (bolsas, envases de productos y utensilios usados en el hogar); textil (retazos de telas), utilizados para labores de limpieza doméstica; vidrio (envases de productos de uso doméstico), predomina el color blanco; Cartón (corrugado, revestido y cajas); papeles (Papel Archivo, Satinado, Revestido, Higiénico); metales (latas de cerveza, alimentos enlatados, aluminio, alambres y varillas); y otros (como caucho, hueso, icopor, baterías y residuos de construcción). La composición porcentual de los residuos se presenta en la figura 1). La densidad calculada en cada una de las muestras obtenidas de la calicata (0.025 m3) fue de 716.54 Kg/m3. De igual forma estudio desarrollado en la ciudad de Chihuahua, México predominó la fracción orgánica con (48%), papel (16%) y plástico (12%). Los resultados además mostraron un incremento en la regeneración de los residuos con el estrato socio económico (Gómez et al., 2008)

Figura 1. Composición de los Residuos Sólidos

Las propiedades químicas de residuos sólidos fue determinada usando la composición dada en la literatura (Tchobanoglous, 1996) las cual se puede observar en la Tabla 2.

Tabla 2. Determinación de la Composición Química con Peso Húmedo

Tipos de Residuos	Peso Húmedo (kg)	Composición, Kg					Cenizas
		C	H	O	N	S	
Materia Orgánica	17.86	8.5729	1.1431	6.7154	0.4644	0.0714	0.8930
Papel	0.57	0.2466	0.0340	0.2495	0.0017	0.0011	0.0340
Cartón	0.68	0.2994	0.0401	0.3035	0.0020	0.0014	0.0340
Plástico	2.81	1.6840	0.2021	0.6399	0.0000	0.0000	0.2807
Textiles	1.30	0.7172	0.0861	0.4069	0.0600	0.0013	0.0326
Metales	0.34	0.0153	0.0020	0.0146	0.0003	0.0000	0.3079
Vidrio	1.05	0.0052	0.0010	0.0042	0.0010	0.0000	1.0374
TOTALES	24.61	11.5407	1.5084	8.3340	0.5295	0.0752	2.6196

Considerando el volumen que llega al botadero (15902.2 m³/año), el área (46453 m²) y una capa máxima de 5 m de espesor, el lugar tendría una vida útil de 12.6 años.

Las actividades desarrolladas para el cierre y clausura del botadero, para la adecuación temporal del botadero tal como lo exige resolución 1390 (MAVDT, 2005) están a cargo de la Asociación de Municipios del Sur de La Guajira “ASOAGUA” responsable del manejo de los residuos. Actualmente no se lleva a cabo ningún tipo de medición y control de los gases y lixiviado. No se lleva a cabo ningún tipo de control de taludes ni de la estabilidad de los suelos.

Al respecto vale la pena señalar que Fonseca, al igual que los demás municipios del Departamento de La Guajira, no han realizado mayores esfuerzos en el tratamiento de los residuos (ver figura 2) y según la resolución 0477 del 2004 (MAVDT, 2004), todos los municipios están obligados a tener su propio Planes de Gestión Integral de los residuos Sólidos (PGIRS).



Figura 2. Estado y manejo de las aguas lluvias en el botadero de Fonseca

Cálculo de gases y lixiviados. Para este fin se usó modelo CORENOSTÓS (Collazos y Echeverry, 2002), programa de computación de interés sanitario y ambiental diseñado para simular el proceso de llenado de un relleno sanitario y/o botadero a cielo abierto, calcular los gases y lixiviados generados por la biodegradación que sufren los desechos orgánicos y la infiltración de las aguas que tengan contacto directo con los lechos de los residuos dispuestos.

El programa es sencillo, solo requiere de la condiciones permanentes del proceso, las cantidades acumuladas y la composición química de los residuos. Se estimó la cantidad de biogás y lixiviado estimado desde el 2002 a 2023.

El CH₄ es explosivo entre 5 - 15 % (V/V); en concentraciones del 15%, es inflamable. Otros impactos nefastos del gas de relleno y/o botadero consisten en la dispersión en el suelo, donde el metano puede dañar a las raíces de las plantas, impidiendo el

suministro de oxígeno. El metano también tiene un impacto venenoso en los seres humanos expuestos durante largo tiempo (por ejemplo, los obreros y los recicladores informales en el botadero), además del impacto como gas de invernadero (Walker *et al.*, 2017).

De acuerdo con los cálculos de lixiviados que se han venido produciendo desde el inicio de operación del botadero (enero de 1980), se pudo observar que los lixiviados y los gases alcanzan la producción máxima a los 29 años (2008), con un volumen de 180.7 m³/año y 1518656 m³/año respectivamente luego de este periodo los lixiviados entran en una producción descendente hasta el final de la operación (Ver Figura 3)

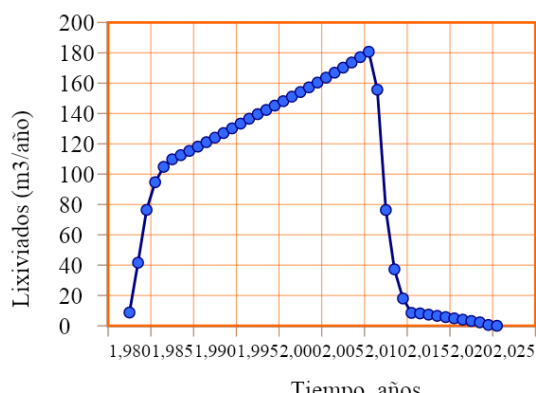


Figura 3. Comportamiento de la producción de lixiviados en el botadero de Fonseca, la Guajira-Colombia

Medidas ingenieriles para el saneamiento cierre y clausura del botadero a cielo abierto del municipio de Fonseca. Se plantearon dos alternativas. Alternativa A. Construcción de un relleno sanitario regional, para manejar los residuos de los municipios de 4 municipio (Hatonuevo, Barrancas, Fonseca y Distracción), esto facilita una su financiación y minimizando costos. El relleno estaría ubicado entre los municipios de Fonseca y Barrancas, con una extensión de 24 Ha en terreno plano. Alternativa B. Acondicionamiento ingenieril del lugar existente. Consiste en hacer encerramiento al sitio, una caseta de vigilancia temporal, trasladar los residuos a una trinchera más distante más distante de las fuentes hídricas, impermeabilizar el terreno, conformar taludes y terrazas, manejo de biogás y lixiviado y todas aquellas obras propias de un relleno sanitario.

Conclusiones

El software CORENOSTÓS usado para estimar la cantidad de lixiviado y gas generado en el botadero sanitario es una herramienta confiable y de fácil utilización, brindando herramienta útil para el diseño de los rellenos sanitarios y medidas de prevención y control

Se plantearon las medidas técnicas para el cierre y clausura del botadero de residuos del municipio de Fonseca, La Guajira-Colombia y se plantearon dos alternativas para el manejo de los mismos: i) un relleno sanitario regional para 4 municipios del sur del departamento y ii) clausurar el botadero y adecuar el área para un relleno sanitario, siendo esta la alternativa más recomendada. Se deben tomar medidas urgentes, la población y sus alrededores presentan altos niveles de contaminación, lo que se agrava con el pasar del tiempo.

Agradecimientos

A la Universidad La Guajira por el apoyo a esta investigación.

Referencias Bibliográficas

CEPIS/OPS. (1999) Análisis Sectorial de Residuos Sólidos en Colombia Plan Regional de Inversiones en Ambiente y Salud Series Análisis Sectoriales N° 8. BIRF/Programa de Gestión Urbana/Ministerio de Salud de Colombia Ministerio de Medio Ambiente de Colombia. Organización Panamericana de la Salud. Acceso el 11 febrero de 2017, disponible en: <http://www.bvsde.paho.org/es/www/fulltext/analisis/colombia/colombia6.html>

Collazos, H. y Echeverry J. (2002) Modelo matemático para cálculo de gases y lixiviados Versión 1, Escuela Colombiana de Ingeniería, 3a ed. Bogotá.

Gomez G., Meneses, M., Ballinas, L., Castells, F. (2008) Characterization of urban solid waste in Chihuahua, Mexico. Waste Management 28, 2465–2471.

Hoornweg D. y Bhada-Tata, P. (2012) What a waste. A Global Review of Solid Waste Management. Washington: World Bank. Acceso el 2 de febrero del 2017, disponible en: http://www.prepare-net.com/sites/default/files/what_a_waste2012_final.pdf.

MAVDT (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial). Resolución número 1390 de 2005, por la cual se establecen directrices y pautas para el cierre, clausura y restauración o transformación técnica a rellenos sanitarios de los sitios de disposición final. Colombia. Acceso el 18 de enero de 2017, disponible en: http://www.minambiente.gov.co/images/BosquesBiodiversidadyServiciosEcosistemicos/pdf/Normativa/Resoluciones/res_1390_270905.pdf

MAVDT (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial). Resolución número 0477 de 2004, por la cual se modifica los plazos para iniciar la ejecución de los Planes de Gestión Integral de Residuos Sólidos, PGIRS. Colombia. Acceso el 18 de enero de 2017, disponible en: <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=13553>

Montoya-Rendón, A. (2012) Caracterización de Residuos Sólidos. Cuaderno ACTIVA, 4. 67-72. Tecnológico de Antioquia, Medellín (Colombia). Acceso el 10 de febrero de 2017, disponible en: <file:///C:/Users/V3-472G/Downloads/34-63-1-SM.pdf>

Orozco - Jaramillo, Á. (1980) Desechos sólidos una aproximación racional para su recolección, transporte y disposición. Medellín – Colombia. Universidad de Antioquia. Departamento de Ingeniería Sanitaria. Medellín. 281p.

Superintendencias de Servicios Públicos Domiciliarios. (2015) Disposición Final de Residuos Sólidos. Informe Nacional. Colombia. Acceso el 20 enero de 2017. Colombia, disponible en: <http://www.superservicios.gov.co/content/download/10760/88380>

Tchobanoglous, G y Theisen, H. (1996) Gestión integral de residuos sólidos. Volumen I y II. México: Mc Graw Hill.

Walker, M., Theaker, H., Yaman, R., Poggio, D., Nimmo, W., Bywater, A., Blanch, G and Pourkashanian, M. (2017) Assessment of micro-scale anaerobic digestion for management of urban organic waste: A case study in London, UK. Waste Management. In Press.

UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS DE FITAS DE ARQUEAR NA SUBSTITUIÇÃO DE FIBRAS CONVENCIONAIS EM MATRIZ CIMENTÍCIA

PERBOYRE BARBOSA ALCÂNTARA, Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Ceará,
perboyre@ifce.edu.br

JORGE LUCAS AMARO NUNES, Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Ceará,
jorgelucasamaro@gmail.com

GERSON MELO DE ALMEIDA, Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Ceará,
gerson.almeida@ifce.edu.br

LEANDRO WILLIAM SILVA BRITO, Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Ceará,
leandro.will2@gmail.com

Resumo

A indústria da construção civil é muito importante nos aspectos econômico e social e dessa forma é um setor em constante crescimento. Porém, no modelo atual, é a indústria que mais consome recursos naturais e torna-se urgente a implementação de práticas mais sustentáveis que incluam a reutilização e a reciclagem de resíduos sólidos. As fitas de poliéster (PET) utilizadas em arqueações de produtos pesados e no fechamento de embalagens, contribuem para a geração de resíduos sólidos na construção civil, sendo muito utilizadas na embalagem de revestimentos cerâmicos. Sendo assim, este estudo tem o objetivo de propor a reciclagem de fitas de arquear na produção de fibras recicladas para concretos, em substituição às fibras convencionais. No presente estudo, foram analisadas as propriedades mecânicas de um concreto contendo fibras convencionais e fibras recicladas produzidas com fitas PET utilizadas no fechamento de caixas de placas cerâmicas para revestimentos. Os resultados dos ensaios de resistência à compressão simples, flexão simples e resistência ao impacto do concreto, indicaram um bom desempenho da fibra reciclada quando comparada à uma macrofibra convencional.

Palavras-Chave: Sustentabilidade, concreto com fibra, fibra reciclada

Abstract

The construction industry is very important in the economic and social aspects and in this way it is a sector in constant growth. However, in the current model, it is the industry that consumes the most natural resources and it is urgent to implement more sustainable practices that include the reuse and recycling of solid waste. Polyester tapes (PET) used in heavy product tonnages and packaging closures contribute to the generation of solid waste in construction and are widely used in the packaging of ceramic tiles. Therefore, this study aims to propose the recycling of archery tapes in the production of recycled fiber for concrete, replacing conventional fibers. In the present study, the mechanical properties of a concrete containing conventional fibers and recycled fibers produced with PET tapes used in the closure of boxes of ceramic tiles for coatings were analyzed. The results of the tests of resistance to simple compression, simple flexion and impact resistance of the concrete, indicated a good performance of the recycled fiber when compared to a conventional macrofiber.

Keywords: Sustainability, fiber concrete, recycled fiber

1 Introdução

O índice de consumo do concreto, atualmente, é bem maior do que à 50 anos. Estima-se que o consumo atual de concreto, no mundo, seja da ordem de 19 bilhões de toneladas métricas ao ano (METHA; MONTEIRO, 2014). A maior parte do concreto produzido se classifica como concreto convencional e atende às inúmeras exigências no mercado da construção civil. Entretanto, devido aos novos processos construtivos ou pela necessidade de aperfeiçoamento de processos existentes, surgem demandas de concretos com propriedades especiais e, assim, faz-se necessário a concepção de concretos não convencionais, que são conhecidos como concretos especiais (CE).

O termo “propriedade especial” não significa que sejam raras ou desnecessárias, mas que se tratam de propriedades específicas que são desejáveis em determinadas circunstâncias (NEVILLE, 2016).

Um dos tipos de concreto especial é o concreto reforçado com fibras (CRF) que é um compósito com duas fases distintas principais, a matriz de concreto e as fibras distribuídas aleatoriamente. Fibras discretas são adicionadas ao concreto para melhorar a resistência à fissuração, tenacidade, resistência à fadiga, resistência ao impacto e outras propriedades de engenharia (METHA & MONTEIRO). Diversos tipos de fibra têm sido utilizadas como as fibras de aço, de polipropileno, de carbono, náilon e de polietileno entre outras (IBRACON, 2017 cap 41).

As fitas de arquear poliméricas são largamente empregadas na paletização e na embalagem de diversos productos, incluindo: painéis de madeira, madeira serrada, produtos metalúrgicos e diversos materiais de construção. Uma vez utilizadas são descartadas e, normalmente, enviadas para lixões ou aterros sanitários.

Essas fitas podem ser fabricadas em poliéster (PET), polipropileno (PP) e outros materiais poliméricos. Devido as indicações de uso, apresentam alta resistência à tração para aplicações em ferramentas ou máquinas automáticas de alto poder de tensionamento. Portanto, podem apresentar propriedades semelhantes às fibras convencionais utilizadas em concretos.

Sendo assim, no presente estudo são analisadas as propriedades mecânicas de um concreto contendo fibras convencionais, as macrofibras Duresteel Plus-60 e fibras recicladas (FR) produzidas a partir da reciclagem de fitas para arquear. Foram realizados ensaios de resistência à compressão simples, flexão e resistência ao impacto dos concretos produzidos com a fibra convencional e com a fibra reciclada. A utilização desse resíduo como material alternativo, em substituição à fibra convencional, pode ser muito relevante para o cenário atual em que o setor da construção civil tem um importante papel para a realização dos objetivos globais do desenvolvimento sustentável e, portanto, busca minimizar os impactos ambientais provocados pelas construções.

O desenvolvimento sustentável depende dos engenheiros: somente uma nova engenharia será capaz de atender às demandas de uma população crescente e, simultaneamente, reduzir os impactos ambientais (IBRACON, 2011).

2 Materiais e métodos

O programa experimental tem o intuito de avaliar se o resíduo de fibra de arquear pode ser reaproveitado como fibras para a produção de concreto com fibras, desde que o mesmo passe por um processo de beneficiamento, de modo a adequar a sua granulometria. Além disso, procura-se avaliar as características mecânicas do concreto convencional em relação aos concretos produzidos com fibras reciclada e convencional.

Neste trabalho foi utilizado como referência um concreto de cimento Portland com traço 1:1,3:1,7, cimento, areia, pedra britada e água, em massa. Foi ainda utilizado um aditivo superplastificante na proporção de 0,05 % em relação a massa de cimento. Com base neste traço, foram preparados 2 (dois) concretos com fibras, um utilizando uma fibra convencional (CFC) e o outro uma fibra reciclada (CFR) a partir do processamento manual de resíduos de fita de arquear.

A seguir são apresentadas algumas das características dos materiais utilizados nesta pesquisa.

2.1 Cimento Portland

Os concretos em análise no trabalho foram produzidos com cimento de alta resistência inicial (CP V – ARI) da marca Apodi, adquirido no comércio local.

2.1 Agregado Graúdo

A pedra britada, proveniente de rocha granítica, foi adquirida em depósito material de construção localizado no município de Fortaleza-CE. Para a sua caracterização foram realizados ensaios conforme as seguintes normas técnicas:

- ABNT NBR NM 248 Agregados - Determinação da composição granulométrica;
- ABNT NBR 7251 Determinação de massa unitária;
- ABNT NBR NM 53 Determinação de massa específica.

A Tabela 1 apresenta os resultados da caracterização do agregado graúdo. A brita apresentou uma dimensão máxima característica de 19 mm e se enquadra na zona granulométrica 9,5/25, conforme a norma ABNT NBR 7211. O valores de massa unitária (1490 kg/m³) e massa específica (2,68 g/cm³) estão dentro dos limites esperados para o material analisado.

Tabela 1 – Caracterização física do agregado graúdo

Massa unitária compactada (kg/m ³)	1490
Massa específica (g/cm ³)	2,68
Dimensão Máxima característica (mm)	19
Módulo de Finura	6,81

Fonte: Próprio autor (2018)

2.2 Agregado Miúdo

O agregado miúdo natural utilizado, adquirida em um depósito de materiais de construção, consiste de areia essencialmente quartzosa extraída do leito ativo de rio e foi escolhida por ser bastante utilizada como agregado na região de Fortaleza – CE. O material em questão foi peneirado em peneira de malha 4,75 mm para a retirada dos grãos maiores. O agregado assim obtido, foi classificado como areia média. Para sua caracterização foram utilizadas as seguintes normas:

- NBR NM 248 Agregados - Determinação da composição granulométrica
- NBR 7251 Determinação de massa unitária
- NBR NM 52 Determinação de massa específica

Na Tabela 2 se observam os resultados da caracterização do agregado que apresentou uma dimensão máxima característica de 4,75 mm e módulo de finura de 2,77 que se enquadra na zona granulométrica ótima, conforme os limites granulométricos estabelecidos na norma ABNT NBR 7211. O valores de massa unitária (1446 kg/m³) e massa específica (2,63 g/cm³) estão dentro dos limites esperados para o material em análise.

Tabela 2 - Granulometria agregado miúdo

Massa unitária (Kg/m ³)	1456
Massa específica (g/cm ³)	2,63
Dimensão Máxima característica	4,75
Módulo de Finura	2,77

Fonte: Próprio autor (2018)

2.3 Macrofibra convencional

A fibra utilizada, pelas dimensões, se caracteriza como uma macrofibra e tem a denominação comercial de Duristeel Plus-60. É uma fibra sintética frisada, formulada a partir de blendas poliméricas (poliolefinas), totalmente orientada, usada para reduzir a retração plástica do concreto, melhorar sua resistência a impactos, fadigas e sua dureza. Conforme as indicações do fabricante, sua aplicação é indicada para lajes, pavimentos em concreto, concreto projetado, peças pré-moldadas e em todas as estruturas que necessitem de um total controle de trincas e fissuras provenientes dos efeitos da temperatura, retração e de outros fatores agressivos ao concreto (BRASIL, 2018). Na Tabela 3 estão indicadas as principais características desse material.

Tabela 3 – Propriedade macofibra

Propriedades Físicas	
Material	Blenda de poliolefina
Modulo de elasticidade (GPa)	4,8
Massa específica (g/cm ³)	0,96
Comprimento (mm)	40-60
Forma	Fibra Frisada com pós arranjo
Cor	Cinza

Resistência a tração (MPa)	65-750
Resistência ao Alkali	Alta
Absorção de água	Zero
Conformidade	ASTM C-1116 e JSCE-SF4/1984

Fonte: Brasil (2018).

2.4 Fibra reciclada

As macrofibras recicladas foram obtidas de resíduos de fita de arquear. Para manter a uniformidade da amostra selecionou-se um único tipo de fita, denominada comercialmente de fita poliéster para arquear - pet verde, indicada para aplicação em volumes médios e pesados, substituindo, em muitos casos a fita de aço. A fita de arquear PET, (poliéster) é utilizada em arqueações de produtos pesados, pallets, materiais de difícil lacração, também indicada para fechamento que necessitem de fitas com altos índices de resistência. (FIT-PLAST, 2018).

O processo de fabricação da fibra reciclada (FR) foi feito de forma artesanal, com o auxílio de um instrumento de corte conforme ilustrado na Figura 1. Buscou-se uma aproximação das dimensões das FR com as macrofibras convencionais para que os dois materiais apresentassem características geométricas semelhantes, possibilitando assim uma comparação dos resultados. As FR foram cortadas com aproximadamente 1,0 mm de espessura, 3,0 mm de largura e 60 mm de comprimento.

Figura 1 – Preparo da fibra reciclada



Fonte: Próprio autor (2018)

Tabela 4 - Características da fibra reciclada

Propriedades Físicas	
Material	Poliéster
Largura	12mm
Cor	Verde
Resistência ao Álcali	Alta
Absorção de água	Zero

Fonte: Próprio autor (2018)

2.5 Concreto

Na Tabela 5 estão indicadas as composições e a consistência dos concretos: convencional (CC), com fibra convencional (CFC) e com fibra reciclada (CFR). Como se observa na referida tabela, manteve-se a mesma composição em todos os traços. A única alteração observada foi em relação à consistência. O CFC apresentou um abatimento bem inferior aos demais concretos. As misturas foram preparadas no Laboratório de Materiais de Construção Civil (LMCC) do Instituto Federal do Ceará (IFCE) – Campus de Fortaleza. Para isso utilizou-se um misturador de acionamento manual de eixo vertical, como ilustrado na Figura 2. Os materiais foram medidos em massa em uma balança de precisão de 0,1g.

Figura 2 – Misturador de concreto



Fonte: Próprio autor (2018)

Tabela 5 – Composição e consistência dos concretos

Concreto	CFR	CFC	CC
Traço unitário em massa	1:1,3:1,7	1:1,3:1,7	1:1,3:1,7
Relação a/c	0,43	0,43	0,43
Aditivo Superplastificante	0,05%	0,05%	0,05%
Abatimento do tronco de cone (mm)	195	65	120
Quantidade de fibra (kg/m³)	4	4	0

CFR = Concreto com fibra reciclada; CFC= Concreto com fibra convencional; água/cimento ;

CC = Concreto convencional a/c = relação

Fonte: Próprio autor (2018)

Para cada um dos concretos, foram moldados, conforme a norma ABNT NBR 5730, quatro (04) corpos de prova (CP) cilíndricos de 10 cm x 20 cm (diâmetro x altura) e três mini-lajes (ML), uma para cada traço estudado, com dimensões de 10cm x 20cm x 30cm (espessura x largura x comprimento) simulando um pavimento de concreto. Para a realização dos ensaios esclerométricos, os corpos de prova foram colocados em uma prensa hidráulica e, para sua fixação, submetidos a uma tensão de compressão de 0,1 MPa, como ilustrado na Figura 3. Os quatro (04) CPs foram submetidos ao ensaio de compressão simples (ABNT NBR 5739). Também foram preparados, para cada concreto, três (03) corpos de prova prismáticos (4cm x 4cm x 16cm) conforme a norma NBR 13279 para a realização do ensaio de tração na flexão.



Figura 3 - Ensaio esclerométrico

Fonte: Próprio autor (2018)

3 Ensaio sobre concreto endurecido

O concreto endurecido foi avaliado através de ensaios de dureza superficial, compressão axial, resistência ao impacto (tenacidade) e resistência à tração na flexão. Para isso, foram utilizados os seguintes equipamentos:

- Esclerômetro Silver Schmidt da PROCEQ – USA – ensaio de dureza superficial (ABNT NBR 7584)
- Prensa hidráulica com capacidade de 100.000 kgf. – ensaio de compressão simples (ABNT NBR 5739)
- Pêndulo de Charpy – determinação da tenacidade.
- Prensa hidráulica EMIC com capacidade 300KN.

Os ensaios de dureza superficial foram executados nos CPPs com idades 14 e 21 dias para o acompanhamento da dureza superficial do concreto. A resistência à tração na flexão foram utilizados os CPs prismáticos (4cm x 4cm x 16cm) com 21 dias de idade, foram ensaiados três (03) CPs de cada traço, após o rompimento cada peça gerou dois pedaço do CP, onde foram selecionados três peças de cada traço para a realização do ensaio de impacto (tenacidade) por Pêndulo de Charpy (Figura 4), para comparar a tenacidade dos concretos com fibras e estes em relação ao concreto base.



Figura 4 – Ensaio de tenacidade com o Pêndulo de Charpy

Fonte: Próprio autor (2018)

A Figura 5 apresenta um dos corpos de prova de concreto com fibra convencional, após o ensaio de impacto e na Figura 6 é possível observar os CPs cilíndricos de CCR e CFC após o ensaio de resistência à compressão.

Figura 5 – Corpo de prova de concreto (CFC) após o ensaio de impacto



Fonte: Próprio autor (2018)

Figura 6 – Corpos de prova cilíndricos após o ensaio de compressão uniaxial



Fonte: Próprio autor (2018)

4 Resultados

Os resultados dos ensaios de dureza superficial realizados nos corpos de prova prismáticos (CPP), com 14 e 21 dias de idade, são apresentados nas tabelas 6, 7 e 8. Os resultados foram obtidos conforme recomendações da norma ABNT NBR 7584.

A dureza superficial do concreto, medida pelo índice esclerométrico médio efetivo (IEe) foi praticamente a mesma considerando as idades de 14 e 21 dias. Tomando os valores para 21 dias, os IEe observados foram de, aproximadamente, 51,6 (CC), 52,3 (CFR) e 52,7 (CFC). Ou seja, a dureza superficial foi praticamente para os concretos com fibras e um pouco superior em relação ao CC. Porém, se considerarmos a precisão do ensaio, pode-se dizer que todos os resultados foram praticamente iguais e sugerem que as fibras praticamente não interferiram na dureza superficial do concreto.

Onde: σ = Tensão de compressão do corpo de prova no momento do ensaio esclerométrico; s = desvio padrão; IE = índice esclerométrico médio; IEe = índice esclerométrico médio efetivo ($IEe = IE \times k$); k = coeficiente de correção do índice esclerométrico obtido quando da aferição do

aparelho; α = ângulo de inclinação do esclerômetro durante o ensaio; f_c est = resistência à compressão superficial do concreto com idade de 21 dias, estimada a partir do IEe, através de software do esclerômetro; * valor desconsiderado no cálculo do IE.

Tabela 6 – Esclerometria - CFC

	14 dias	21 dias
s	2,6	2,58
IE	52,07	52,3
k	1,00	1,00
IEe	52,07	52,3
α	0°	0°
f_c est (MPa)	28	29

Fonte: Próprio autor (2018)

Tabela 7 – Esclerometria - CFR

	14 dias	21 dias
s	2,6	2,58
IE	52,07	52,3
k	1,00	1,00
IEe	52,07	52,3
α	0°	0°
f_c est (MPa)	28	29

Fonte: Próprio autor (2018)

Tabela 8 – Esclerometria - CC

	14 dias	21 dias
s	2,37	2,86
IE	51,85	51,652
k	1,00	1,00
IEe	51,85	51,652
α	0°	0°
f_c est (MPa)	26,5	27,5

Fonte: Próprio autor (2018)

Na Tabela 9 são apresentados os resultados dos ensaios de tração na flexão do concreto com idade de 21 dias. Foram ensaiados três corpos de prova de cada concreto, sendo a resistência calculada conforme a norma ABNT NBR 13279. Nota-se que a resistência à tração média dos concretos CFR e CFC foi praticamente a mesma (7,46 MPa e 7,55 MPa), enquanto o concreto sem fibra apresentou um valor médio (4,85 MPa) bem inferior.

Tabela 9 - Resistência à tração na flexão dos CPs prismáticos (4 cm x 4 cm x 16 cm)

Resistência (MPa)		
CFR	CFC	CC
6,45	7,83	3,75
7,33	7,54	5,73
8,41	7,28	5,08
Resistência média (MPa)		
7,46	7,55	4,85

Fonte: Próprio autor (2018)

Os corpos de prova utilizados para o ensaio de dureza superficial, também foram utilizados para se estimar a resistência à tração na flexão e os resultados estão expressos na Tabela 10. O CFC apresentou o maior valor, no entanto o valor CFR foi próximo, portanto, nota-se sua eficiência, já que o CC apresentou a menor resistência.

Tabela 10 – Resistência à tração na flexão dos CPs prismáticos (10cm x 20cm x 30cm)

Resistência (MPa)	
CFR	6,1
CFC	6,8
CC	5,7

Fonte: Próprio autor (2018)

Após o ensaio de tração na flexão (Tabela 10), se obtém como resultado duas amostras para cada corpo de prova rompido. Com isso, utilizou-se duas dessas amostras de cada traço para realizar o ensaio de impacto. Os resultados obtidos são apresentados na Tabela 11. A escolha do cp de 4x4x16 (cm) foi para a realização do ensaio de Charpy que era necessário peças pequenas, por isso, não se utilizou o tamanho padrão preconizado na NBR 12142.

Tabela 11 – Ensaio Charpy

	Momento (kgm)		
	CC	CFC	CFR
cp1	6,50	17,00	13,00
cp2	4,00	13,50	17,10
MÉDIA	5,25	15,25	15,05

Fonte: Próprio autor (2018)

Em relação à tenacidade (Tabela 11), medida pelo Pêndulo de Charpy, o CFR e o CFC apresentaram desempenhos equivalentes, enquanto no concreto convencional se observou um valor bem inferior.

As minilajes foram ensaiadas também a flexão e os resultados estão expressos na Tabela 10. Neste caso, como a seção de concreto é bem maior em relação comprimento da peça, não se observou uma interferência muito significativa das fibras na resistência do concreto à flexão.

Tabela 10 – Flexão das minilajes

Flexão das lajes		
	Força (N)	Resistência (MPa)
CFR	33773	6,07
CRC	38281	6,89
CC	31957	5,75

Fonte: Próprio autor (2018)

Os dados de resistência à compressão uniaxial de todos os traços estão expressos na tabela 11. Neste item, o concreto com fibra convencional obteve o melhor desempenho seguido do CFR, enquanto o concreto convencional apresentou valores consideravelmente menores.

Tabela 11 – Resultados da compressão uniaxial de CPs cilíndricos (10 cm x 20 cm) com idade de 21 dias.

	Resistência (MPa)		
	CFR	CFC	CC
cp1	53,06	64,92	43,7
cp2	49,94	59,93	47,44
cp3	54,93	58,06	39,95
cp4	51,19	51,19	42,45
Valor médio (MPa)			
	52,28	58,52	43,38

Fonte: Próprio autor (2018)

5 Conclusão

Após a realização dos ensaios, em relação à tração na flexão, tenacidade e resistência à compressão, pode-se inferir um desempenho equivalente da fibra reciclada quando comparada à macrofibra convencional e desempenho superior em relação ao traço convencional. Notou-se que após o rompimento das peças, as fibras (reciclada e convencional) permaneceram unidas à

argamassa, indicando uma boa aderência ao concreto. Desse modo, considerando os materiais analisados, os resultados sugerem a possibilidade de substituição de fibras convencionais por fibras recicladas de fitas de arquear de poliéster. Porém é importante a realização de mais ensaios incluindo a análise de outros traços e o desenvolvimento de uma técnica para a produção da fibra reciclada em larga escala, já que foi necessário cortá-la manualmente.

6 Referências

A.M.NEVILLE. **Propriedades do Concreto**. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2016. 888 p.

IBRACON. **Concreto: Ciência e Tecnologia**. São Paulo: Arte Interativa, 2011. 1902 p. 2 v.

A.M.NEVILLE; J.J.BROOKS. **Tecnologia do Concreto**. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2013. 448 p.

METHA, P.kumar; MONTEIRO, Paulo J. M.. **Concreto, Microestrutura, Propriedades e Materiais**. 2. ed. São Paulo: Ibracon, 2014. 751 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 248, NBR 7211, 7251, NBR NM 53, NBR NM 52, NBR 13279

FIT-PLAST. **FITA POLIÉSTER PARA ARQUEAR - PET**. Disponível em: <<http://www.fitplast.com.br/fitas-de-arquear-e-aparelhos/fita-poliester-pet-para-arquear.html>>. Acesso em: 31 maio 2018.

BRASIL, Macrofibra do. **Duristeel Plus-60**. Disponível em: <<http://macrofibrado brasil.com.br/macrofibras/>>. Acesso em: 31 maio 2018.

FIGUEIREDO, Enio Pazini; Rêgo, João Henrique da Silva. Materiais e produtos poliméricos. In: ISAIA, Geraldo C. (Ed.). **MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO CIVIL: E PRINCÍPIOS DE CIÊNCIA E ENGENHARIA DOS MATERIAIS**. 3. ed. São Paulo: Ibracon, 2017. Cap. 41. p. 1355-1376. (Volume 2).

ACTIVIDADES DE COMPOSTAJE EN LA ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO: VALOR ECONÓMICO DE MACRONUTRIENTES

JANNETH JARA SAMANIEGO, Escuela Superior Politécnica e Chimborazo, ljara@espoch.edu.ec,
jannethjara@hotmail.com

ERICA AUQUILLA TAXI, Escuela Superior Politécnica e Chimborazo, auquillaerica1991@gmail.com

JANNETH MARIA GALLEGOS NUÑEZ, Escuela Superior Politécnica e Chimborazo,
igallegos@espoch.edu.ec

Abstract

The Higher Polytechnic School of Chimborazo is a university committed to the care of the environmental. One of the activities of the project “Implementation of Solid Waste Management System in the ESPOCH”, is to work in the treatment of organic solid waste by composting, due to its low to operational cost. For this, four piles were elaborated using food waste of students dining room, remains of pruning of its avenues and gardens and hen manure. Pila 1: 555 Kg organic waste from the institutional dining room + 222 Kg Kikuyo + 222 kg palm pruning, Pila 2: 305 Kg hen manure + 40 Kg pruning, Pila 3: 370 Kg hen manure + 85 Kg pruning, Pila 4: 310 Kg hen manure + 25 Kg pruning + 25 Kg grass. The organic waste was composting in the Collection Center of the ESPOCH by the turned windrow composting system. Throughout the composting process the temperature, humidity and aeration were monitored. The biooxidative phase was between 90 – 120 days and of maturity phase 60 days. The compost obtained showed suitable physicochemical, chemical and biological properties. Finally, the economic value of the nutrients included in the compost was calculated considering the price of urea, diammonium phosphate (DAP), muriate of potash/potassium chloride in Ecuador. Based in these materials, the value of 100 Kg of N, P_2O_5 and K_2O was determined considering a content of 75% of dry matter. The compost C2 and C4, have the highest prices due to the higher percentages of macronutrients.

Palabras clave: compost, macronutrientes, valor económico, Ecuador

Introducción

La Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH) es una universidad ubicada en el centro del Ecuador. En sus siete facultades y 31 carreras se forman alrededor de 18 000 estudiantes de todo el país. Como parte de su compromiso por mantener un ambiente sano, en el año 2013 se aprobó el proyecto “IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS EN LA ESPOCH”. A partir del año 2016, en su Centro de acopio de residuos sólidos, se realizan tratamientos para la elaboración de abonos orgánicos sólidos y líquidos, con la activa participación de

estudiantes y tesis de la carrera de Ingeniería en Biotecnología Ambiental de la facultad de Ciencias. Al momento se han tratado los residuos sólidos orgánicos provenientes del comedor institucional, bares y restos de poda de avenidas y jardines. Se ha puesto especial atención en incluir en estas actividades, los residuos de medios de cultivo generados en los laboratorios de Microbiología y Biotecnología, los excrementos de cuyes de su granja experimental y los residuos de tamo, en mezcla con excrementos de ratas y ratones, del Bioterio de la Facultad de Ciencias.

El compostaje, por su fácil tecnología y bajos costos, es uno de los tratamientos de residuos sólidos orgánicos más empleados. El compostaje se define como una descomposición biológica y estabilización de sustratos orgánicos en las condiciones que permiten el desarrollo de temperaturas termófilas, resultado de una generación de energía calórica de origen biológico, de la que se obtiene un producto final suficientemente estable para el almacenamiento y la utilización en los suelos sin impactos negativos sobre el entorno (Elías, 2012). El compost obtenido es empleado en actividades de forestación, reforestación y para el cuidado de jardines y áreas verdes de la institución.

Desde el punto de vista medioambiental, este reciclaje de materiales y su aplicación al suelo, proporciona muchos beneficios, tales como el incremento de la materia orgánica en el suelo, la reducción del metano producido en los rellenos sanitarios o vertederos municipales, la sustitución de turba como sustrato, la absorción de carbono, el control de la temperatura edáfica y el aumento de la porosidad del suelo, reduciendo de esta manera el riesgo de erosión y la desertificación (Román et al, 2013). Estas características hacen que el compost presente varias ventajas sobre los fertilizantes de síntesis que, aunque presentan un mayor contenido de macronutrientes, crean dependencia del agricultor y aumentan los costos de producción y transporte

El compost, a más de ser una fuente de materia orgánica estabilizada para los suelos, es rico en micro y macronutrientes (N P K), que cumplen un papel esencial en la síntesis de las enzimas, en el metabolismo de los microorganismos, como mecanismos de transporte celular internos y externos y son primordiales para el crecimiento microbiológico (Bueno et al, 2008). En las plantas, el Nitrógeno (N) es el motor del crecimiento ya que está involucrado en todos los procesos principales de su desarrollo. Un buen aporte de nitrógeno para la planta es importante también por la absorción de los otros nutrientes. El Fósforo (P) juega un papel importante en la transferencia de energía, por lo que es esencial en la eficiencia de la fotosíntesis. El fósforo es deficiente en la mayoría de los suelos naturales o agrícolas o donde el pH limita su disponibilidad, favoreciendo

la fijación. El Potasio (K) juega un papel vital en la síntesis de carbohidratos y de proteínas, y por ende en la estructura de la planta. El potasio mejora el régimen hídrico de la planta y aumenta su tolerancia a la sequía, heladas y salinidad. Las plantas bien provistas con K sufren menos de enfermedades (Román et al, 2013).

Con la finalidad de evaluar la calidad de los compost preparados, se han realizado pruebas fisicoquímicas, químicas y biológicas, tales como: pH, Conductividad Eléctrica (CE), materia orgánica (MO), N, P, K e Índice de germinación (IG). En este trabajo, se ha puesto especial interés en establecer el valor económico de los macronutrientes N P K, presentes en cuatro compost elaborados en la institución.

Objetivos

- Elaborar compost a partir de residuos orgánicos sólidos generados en la ESPOCH.
- Establecer su calidad en base al análisis de parámetros fisicoquímicos, químicos y biológicos.
- Estimar el valor económico de los macronutrientes presentes en los compost.

Metodología

El montaje de las pilas se realizó en la nave de compostaje de la ESPOCH. Todos los residuos fueron triturados. Se trabajó con 4 pilas trapezoidales de aproximadamente 1.5 m x1.5 m (altura, ancho) y longitud variable. Pila 1: 555 Kg de residuos orgánicos del comedor institucional + 222 Kg de Kikuyo + 222 kg de poda de palma, Pila 2: 305 Kg de gallinaza + 40 Kg de poda, Pila 3: 370 Kg de gallinaza + 85 Kg de poda, Pila 4: 310 Kg de gallinaza + 25 Kg de poda + 25 Kg de césped. Las pilas se armaron en capas con los materiales seleccionadas. A lo largo del proceso se controló la temperatura, humedad y aireación. Los volteos fueron manuales y se realizaron en función de la temperatura. Cuando la temperatura fue similar a la ambiente, se dio por terminada la fase biooxidativa. El tiempo de maduración fue de 60 días. Los análisis de los compost obtenidos se realizaron en los laboratorios de Agrocalidad y de la Facultad de Ciencias de la ESPOCH.

Para la valoración económica de los macronutrientes se consideró el precio de la urea, difosfato de amonio (DAP) y muriato de potasio de acuerdo con la información proporcionada en el Boletín de Agroquímicos y Fertilizantes del Ministerio de Agricultura y Ganadería del Ecuador de diciembre de 2018 (Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2018). Con base a esta información, se determinó el valor de 100 Kg de cada macronutriente (N, P_2O_5 y K_2O). Para el cálculo de P y K se tuvo en cuenta los pesos moleculares de sus óxidos. El valor económico de los nutrientes presentes en los compost se estableció considerando un contenido de 75% de materia seca.

Resultados y discusión

El período biooxidativo de los compost duró entre 90 y 120 días. La evolución de la temperatura fue la esperada, diferenciándose claramente las etapas mesófila, termófila y de enfriamiento. Las temperaturas alcanzadas ($\geq 60^\circ C$) aseguraron una correcta higienización del producto. La etapa de maduración fue de 60 días.

En la Tabla 1, se encuentran los resultados de los principales parámetros analizados.

Tabla 1. Parámetros de calidad del compost

Parámetro	Compost			
	C1	C2	C3	C4
pH	7.77	7.9	8.08	7.99
CE (dSm^{-1})	3.06	3.41	3.27	3.53
MO (%)	41	38.61	38.61	36.2
NT (%)	1.78	2.13	2.13	1.99

P_2O_5 (%)	0.64	3.63	4.85	2.89
K_2O (%)	1.9	4.57	3.59	3.53
IG (%)	92.41	42	74	85

CE: Conductividad eléctrica, MO: Materia orgánica, NT: Nitrógeno total, P_2O_5 : fósforo, K_2O : potasio, IG: Índice de germinación
C1: Compost Pila 1, C2: Compost Pila 2, C3: Compost Pila 3, C4: Compost Pila 4

Todos los compost presentan un pH ligeramente básico y valores bajos de CE. Al respecto, estos valores se encuentran dentro de las normativas internacionales (NCh, 2003, BOE, 2013). Los contenidos de materia orgánica se encuentran en el rango de 36% a 41%, valores aceptables para compost.

En cuanto al contenidos de macronutrientes N P K, se destacan los valores elevados de los compost provenientes de gallinaza, muy superiores a lo establecido en la Norma española ($\geq 1\%$).

El IG de los compost C1 y C4 presentan valores superiores al 80%, lo que garantiza un buen grado de descomposición de sustancias orgánicas fitotóxicas (Zucconi et al. 1981). Sólo el compost de la Pila 2 presenta un porcentaje inferior al 50% por lo que no se aconseja su empleo en agricultura.

Valoración económica de macronutrientes

El compost es un material de alta variabilidad en su naturaleza y composición y por ello su valor económico es variable.

En la Tabla 2, se presentan los precios promedio ponderados referenciales de fertilizantes que se encuentran en el Boletín de Agroquímicos y Fertilizantes del mes de diciembre de 2018 del Ministerio de Agricultura y Ganadería del Ecuador. Con base a esa información se han obtenido el valor de las unidades fertilizantes.

Tabla 2. Precios promedio ponderados referenciales de fertilizantes (2 018). Ecuador.

Nutrientes	Precio promedio ponderado 2018 (\$/tonelada)	Valor de unidades fertilizantes (\$/100 Kg)
Urea	454	0.99
DPA	630.2	3,12 (P ₂ O ₅)
Muriato de potasio	453.8	0,92 (K ₂ O)

DPA: Difosfato de amonio

En la Tabla 3, se encuentra la estimación del valor económico para cada macronutriente en los compost obtenidos.

Tabla 3. Estimación del valor económico de los macronutrientes de los compost

Estimación económica macronutrientes (\$/tonelada)	Compost			
	C1	C2	C3	C4
NT	13.22	15.82	15,82	14.78
P ₂ O ₅	14.98	49.84	19.89	67.63
K ₂ O	13.11	31.53	24.77	24.36
Total	41.30	97.19	60.48	106.75

NT: Nitrógeno total, P₂O₅: fósforo, K₂O: potasio,

C1: Compost Pila 1, C2: Compost Pila 2, C3: Compost Pila 3, C4: Compost Pila 4

La estimación se ha realizado haciendo una comparación de los precios de la unidad fertilizante y las concentraciones de los macronutrientes en los compost. Se ha considerado un 75% de materia seca.

Se puede apreciar que los compost C2 y C4, presentan los precios más altos debido a los mayores porcentajes de los macronutrientes.

Conclusiones

El trabajo conjunto de la Comunidad Politécnica, por gestionar los residuos orgánicos que se generan en la institución y en su área de influencia, ha permitido obtener a lo largo de los últimos años compost de calidad, en dependencia de los residuos de origen. Se destaca la participación de docentes y estudiantes comprometidos con el cuidado del campus politécnico.

Los compost de gallinaza presentan un mayor contenido de macronutrientes en relación con el compost de residuos de alimentos (comedor politécnico). El Índice de germinación de tres de los cuatro compost es un indicativo de una buena degradación de posibles compuestos fitotóxicos en la fase biooxidativa.

La estimación del valor económico debido a la presencia de macronutrientes (N P K), evidencia una ventaja adicional del compost.

La academia debe liderar estos procesos de reciclaje de residuos, involucrando a los estudiantes, para que sean entes multiplicadores de estas prácticas ambientalmente sostenibles.

Referencias bibliográficas

BOE. (2013). Real Decreto 506/2013, de 28 de junio, sobre productos fertilizantes. (accedido 22 de enero de 2019).

Bueno P., Díaz M., Cabrera F. (2008). *Factores que afectan al proceso de compostaje*. Tesis Doctorado. Universidad de Huelva, Ciencias Experimentales. Sevilla-España.

Elías X. (2012). El compostaje. Proceso de tratamiento aerobio. En: reciclaje de residuos industriales. (ed.), Díaz de Santos. Madrid, pp. 150.

Ministerio de Agricultura y Ganadería. (2018). Boletín de Agroquímicos y Fertilizantes. <http://sipa.agricultura.gob.ec/boletines/nacionales/agroquimic>

os/2018/boletin_agroquimicos_diciembre_2018.pdf (accedido el 5 de enero de 2019).

Proyecto de Norma en Consulta Pública. (2003). Compost-Clasificación y requisitos. NCh 2880. <http://www.ingeachile.cl/descargas/normativa/agricola/NCH2880.pdf>. (accedido el 5 de enero de 2019).

Román P., Martínez M., y Pantoja A. (2003). Manual de compostaje del agricultor. Experiencias en América Latina, (ed.), FAO. Santiago de Chile, pp. 18, 35. <http://www.fao.org/3/a-i3388s.pdf>. (accedido el 4 de enero de 2019).

Zucconi F., Pera A., Forte M., De Bertoldi, M., (1981). Evaluating toxicity of immature compost. *Biocycle*. **22**:54-57.

ANÁLISIS COMPARATIVO DE FILTROS DE TABACO MEDIANTE CROMATOGRAFÍA DE GASES

**Lincango Tuquerres Jonathan Rafael¹, Mancero Chicaiza Erika Johanna¹,
 Rueda Punina Víctor John¹, García Tumipamba Diana Elizabeth², Cuarán
 Sarzosa Freddy Vicente²**

¹ Carrera de Ingeniería Ambiental, Universidad Politécnica Salesiana, Sede Quito, Campus Sur. Av. Rumichaca S/N y Av. Morán Valverde, Tel. (593 2) 3962800, Quito, Ecuador, EC170702.

² Grupo de Investigación en Ecología y Gestión de los Recursos Naturales (GIERENA), Carrera de Ingeniería Ambiental, Universidad Politécnica Salesiana, Sede Quito, Campus Sur. Av. Rumichaca S/N y Av. Morán Valverde, Tel. (593 2) 3962800, Quito, Ecuador, EC170604.

Autores para correspondencia: jlincangot@est.ups.edu.ec, jlincangot@gmail.com,
 emanceroc@est.ups.edu.ec, erikajova1995@hotmail.com, vrueda@ups.edu.ec, dgarcia@ups.edu.ec,
 fcuaran@ups.edu.ec,

Abstract

The analysis of the content present in the cigarette filter serves to determine the amount of nicotine and tar present, as well as the degradability of the filter. For this, we took a conventional filter and two additional ones from the startup. With the objective of improving the quality of people, the environment and society. The procedure for the determination of nicotine is carried out by means of a dilution of the filter and a white sample; and, the tar by means of the collection of cigarette smoke inside an Erlenmeyer flask, which presents a fiberglass filter afterwards, is taken to the gas chromatograph. To determine biodegradation the composition is considered. The comparative analysis is carried out in relation to the amount of nicotine and tar trapped in the filter, as well as its biodegradation; in this way the most acceptable composition of the filter for cigarettes can be known.

Keywords:

Biodegradability, chromatography, filter, waste

Introducción

Las industrias tabacaleras han aumentado su producción comercial a lo largo de los años y actualmente se ha extendido a nivel mundial debido al crecimiento económico que genera para las empresas, sin embargo, ha sido un tema de controversia debido a los efectos negativos y grandes sumas de dinero que son desechadas a causa de este producto (Marulanda, Trujillo, Escobar, & Cortés, 2014). A lo largo de los años, el uso de dicho producto ha sido la principal causa de afectaciones ambientales desde el punto de vista político, social y económico. Actualmente, existe un sin número de regulaciones que obligan a las entidades a declarar los contaminantes tóxicos presentes en el cigarrillos, para lo que se necesitan procedimientos analíticos rigurosos (Joly, 2015).

Del total de la población, el 28% consume un promedio de 3 cigarrillos como se muestra en la figura 1.

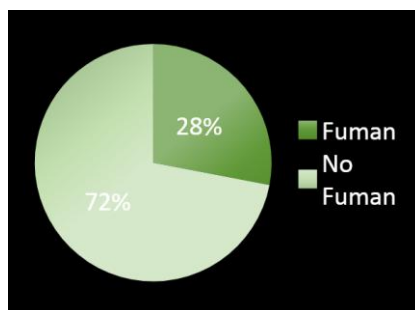


Figura 1. Porcentaje de fumadores que consume 3 cigarrillo/día

Fuente: Joly, 2015

Elaborador por: Autores, 2019

Los filtros tienen en su composición acetato de celulosa, y son la principal fuente de contaminación, pues se producen 6 billones diarios los que son desechados a nivel mundial. En Inglaterra cerca del 38.8% de residuos arrojados corresponden a colillas de cigarrillos como se observa en el figura 2.

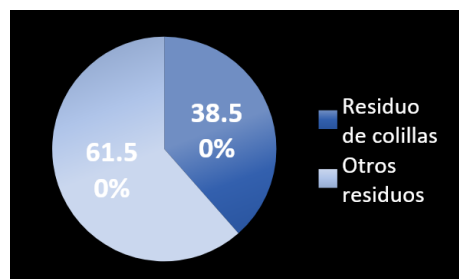


Figura 2: Porcentaje de residuos en Inglaterra

Fuente: Reiter, 2014

Elaborador por: Autores, 2019

Al mismo tiempo, se ha planteado una serie de acciones para minimizar el impacto de los residuos y darle una utilidad a los mismos una vez que son desechados (Díaz & Martínez, 2013), pues es así que en la fotografía 1 se muestra un esquema



Fotografía 1. Partes de un cigarrillo convencional

Fuente: Monteverde, 2009

Elaborador por: Autores, 2019

La toxicidad del cigarrillo se debe a componentes y método de consumo. En el extremo donde inicia la combustión es 1000 °C, y transforma los componentes del tabaco, mediante reacciones químicas en compuestos tóxicos. Actualmente, se conocen 4000 compuestos químicos en las fases gaseosa y sólida o de partícula del tabaco (Konfino, Ondarsuhu, & Goldb, 2019).

La composición del tabaco consta de alquitrán, nicotina y monóxido de carbono. Sin embargo, el tabaco industrial también tiene otro tipo de aditivos azucarados que permiten enmascarar el sabor de tabaco haciéndolo menos áspero para la garganta (Guevara, 2015).

Estudios realizados en Europa mostraron la composición de los cigarrillos y el humo desprendido, resultado del reporte se encontraron numerosos elementos tóxicos e incluso cancerígenos (Borges, Márquez, & Del Castillo, 2011). Los filtros convencionales son de acetato de celulosa que pueden tardar entre 12 a 15 años en desaparecer, mientras tanto van liberando sustancias químicas que han sido retenidas durante la combustión del cigarrillo. Este tipo de filtro retiene alquitrán y otros elementos perjudiciales. Existen agentes adsorbentes minerales como el carbón activado, pumita (piedra pómez) y caolín, capaces de retener hidrocarburos (Monzonis, 2011).

Para la minimización de este tipo de residuos se han implementado algunas tecnologías e incluso nuevas formas de fumar, sin embargo, todas estas generan filtros que al final producen contaminación es por ello que se ha planteado el presente trabajo de investigación, que genera filtros capaces de reducir los peligros que generan los filtros convencionales a fin de reinsertarlo al final de su ciclo en una planta que genera un producto vegetal. Además, permite reducir los costos que involucra un tratamiento posterior del filtro, con la finalidad de conservar el medio y sus recursos. Económicamente el producto es de fácil escalabilidad y permite a la Startup trabajar en 3 aspectos: social, ambiental y económico.

Objetivos

- Establecer el procedimiento analítico para el análisis de nicotina y alquitrán en el filtro del cigarrillo.
- Comparar la composición de los diferentes filtros para cigarrillos y hallar cuál de ellos ayuda a la mejor captación de nicotina y alquitrán.
- Determinar la biodegradación de los filtros muestra.

Metodología

Para hacer la comparación se trabajaron con tres tipos de filtros con doce repeticiones cada uno, como consta en la tabla 1.

Tabla 1. Filtros utilizados

FILTRO	PORCENTAJE DE CAROTENOS
Tipo 1	75 %
Tipo 2	50 %
Convencional	0 %

Elaborado por: Autores, 2019

Un esquema de la startup planteada, se muestra en la figura 3.



Figura 3. Partes de un cigarrillo de la empresa emprendedora

Elaborado por: Autores, 2019

DETERMINACIÓN DE ALQUITRÁN

Se lo determina por medio de un montaje de corriente de humo del cigarrillo, lo cual alimenta a la bomba de vacío. En la tapa del recipiente se encuentran 4 mangueras que extraen el gas (Reiter, 2014). El humo succionado burbujea en 250 ml de acetona y es extraído, como se observa en la figura 4.

Para la extracción, se centrifuga a 4000rpm durante 15 min y se añade acetona. Los antioxidantes pasan por un adsorbente hasta su saturación (Monteverde, Tabaquismo grave problema de salud., 2009). Esto pasa hacia unas columnas cerradas por ambos extremos con malla filtrante y filtro natural de 10 g.

Para la comparación del filtro planteado versus uno típico, se utilizó un filtro convencional y 2 variaciones del planteado. Para cuantificar el alquitrán se calentó hasta su evaporación y su residuo se pesó, para obtener cadenas de hidrocarburos.



Figura 4. Diseño experimental para extraer alquitrán

Elaborado por: Autores, 2019

DETERMINACIÓN DE NICOTINA

Se colocó 5 ml de agua destilada con un embudo en un vaso de precipitación que contenía el filtro, de la que se tomó 1.5ml en un tubo Eppendorf que se almacena a -30 °C. Mediante la muestra blanco de nicotina se validó el método detallado en la tabla 2 (Ruiz, Gómez, Rubio, Revert, & Hardisson, 2014). Se preparó una solución de metanol 10 ng/μL, a 4°C, además se utilizó difenilamina (DFA).

Tabla 2. Proceso para extraer nicotina

Proceso	Reactivo
Vaso de precipitación	1 ml DFA
Columnas	2 ml buffer acetato
Bond	2 mL de metanol
Lavado de columnas	2 mL buffer fosfato
	2 mL de agua destilada
	1 mL de ácido acético
	4 mL de Acetona/Cloroformo

Elaborado por: Autores, 2019

Finalmente, se extrajo analitos a los que se añadió 50μL de metanol acidificado. Se evaporó mediante una corriente de nitrógeno a temperaturas $\leq 40^{\circ}\text{C}$ (Castañeda, 2011). La nicotina se determinó en un cromatógrafo de gases (Thermo Scientific DSQ™ II Series Single Quadrupole GC/MS) con inyector automática (Martínez, 2011). La detección y cuantificación de analitos se realizó con detector de nitrógeno y fósforo (NPD) y detector selectivo de masa (MSD), acoplado por una línea de transferencia. Los datos procesados por el software fueron separados.

Los parámetros de validación incluyeron la exactitud del porcentaje de recuperación y precisión, para lo que se inyectaron varias repeticiones (Chavez, López, Regalado, & Espinosa, 2014). Los parámetros se determinaron en base a la respuesta obtenida con el NPD. Los análisis de concentración se obtuvieron por medio de la ecuación de la recta en el software del equipo (Gómez, Rubén, Durán, Arévalo, & Ortiz, 2012).

DEGRADACIÓN

El tiempo de degradación se realizó en base a la norma ISO-17556 (Chavez, López, Regalado, & Espinosa, 2014). Para lo que utilizó compost en su degradación con 3 filtros:

- Convencionales
- Con 75% carotenos
- Con 50% carotenos

La muestra de compost con una maduración de 5 a 6 meses se pasó a través de un tamiz N°2. Se caracterizó el compost como se muestra en la tabla 3. Debido a sus tres etapas de compostaje, el compost tiene gran capacidad de biodegradar polímeros por parte de microorganismos presentes, además de la presencia de actinomicetos, levaduras y mohos como parte de su composición microbiana (Liras, Martín, García, Maté, & Padilla, 2017). Se utilizó 2500 mg en piezas de 5mm con 200g de compost (Manrique, Eslava, & Chaparro, 2017).

Tabla 3. Características del compost

Parámetro	Valor
pH	7.02
Materia Orgánica	29.06 %
Nitrógeno	1.28 %
Conductividad eléctrica	3.29 dS/m
Oxido de calcio	4.79 %
Oxido de Magnesio	1.09 %
Sodio	0.16 %

Elaborado por: Autores, 2019

Resultados y discusión

ALQUITRAN

Como resultado del análisis se muestra la figura 5, donde el filtro con 50% de carotenos presenta en caolín y carbón activado por debajo de la remoción del filtro convencional. El mejor rendimiento fue dado por el 75% de carotenos, lo cual coincide con el estudio de Fernández (2014), quien menciona que filtros de carotenos al 75% han sido utilizados en procesos industriales con la finalidad de captar hidrocarburos.

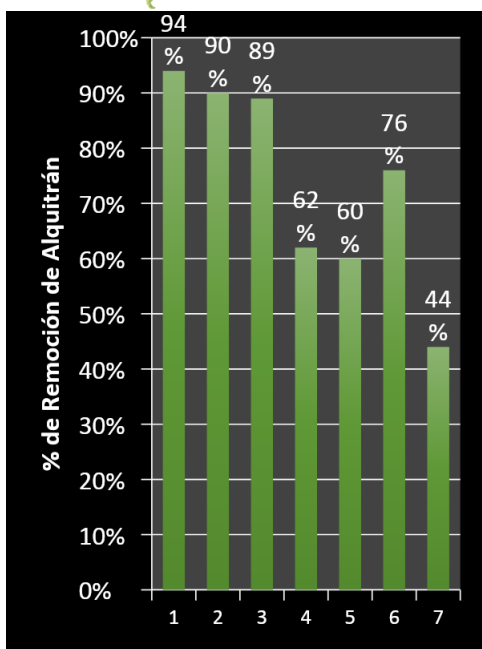


Figura 5. Remoción el alquitrán

Elaborado por: Autores, 2019

El análisis cuantitativo de los filtros, se observa en la tabla 4. Resultados similares obtuvo Yu Long-Xi y colaboradores (2012), al obtener una tasa de retención de radicales por antioxidantes de licopenos y extracto de semilla de uvas.

En la tabla 4 se observa que el filtro formado por Pumita al 50% de carotenos, presenta una baja remoción de alquitrán, debido a la obstrucción de poros, reduciendo el tiempo en la columna empacada y por ende su acción adsorbente, lo contrario al carbón activado y caolín (Granda, Girón, & López, 2019).

Tabla 4: El análisis cuantitativo de los filtros

Tipo de filtro		% de remoción
75 % de Carbenos	Carbón Activado	94 %
Carotenos	Pumita	90 %
	Caolín	89 %
50 % de Carbenos	Carbón Activado	62 %
Carotenos	Pumita	60 %
	Caolín	76 %
Convencional		44 %

Elaborado por: Autores, 2019

NICOTINA

El método dio como resultado, posibles interferentes de la matriz, con variación de tiempos de retención; debido a la diferencia de velocidad del flujo que opera el EM como presenta la figura 6.

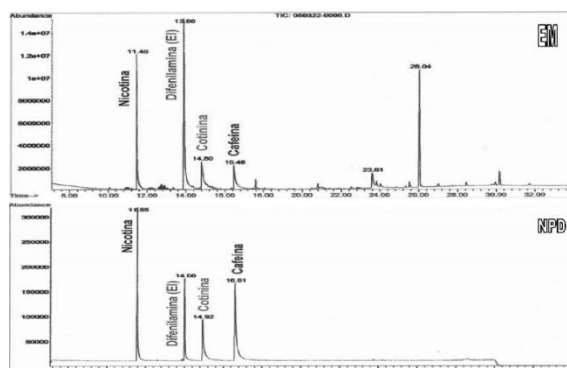


Figura 6. Resultados de la cromatografía EM y NPD

Elaborado por: Autores, 2019

Las concentraciones de nicotina son representativas, sin embargo, no se pueden correlacionar con la cantidad de cigarrillos. Los límites de detección y cuantificación del método en el NPD para cada uno de los alcaloides, se muestran en la tabla 5.

Los resultados determinaron que pumita con carotenos es el filtro que puede retener más nicotina versus los filtros convencionales. Dicho resultado se pudo comparar con el estudio de Fernández (2014), que permitió verificar la composición de ciertos filtros para atrapar partículas.

Tabla 5. Valores obtenidos en la validación

PARÁMETRO	NICOTINA
Exactitud	NPD 96.96 – 99.89
	MSD 96.90 – 99.89
Precisión	NPD < 2.88
	MSD < 2.65
Linealidad	NPD $r^2 \geq 0.9997$
	MSD $r^2 \geq 0.9994$

Elaborado por: Autores, 2019

DEGRADACIÓN

Antes de iniciar el proceso se determinó el carbono presente, como muestra la Tabla 6.

Tabla 6. Porcentaje de Carbono en muestras

Muestra	Carbono
75% de Caroteno	Carbón Activado 64.36 %
	Pumita 53.67 %
	Caolín 61.10 %
50% de Caroteno	Carbón Activado 58.69 %
	Pumita 68.86 %
	Caolín 76.84 %
Convencional	43.06 %

Elaborado por: Autores, 2019

La figura 7, muestra curvas de biodegradación del filtro. El mayor porcentaje corresponde al filtro con caroteno (1) y carbón activado con 64.21%, seguido por el de caroteno (2) y pumita con 63.51% y el convencional con 0.83%. En un tiempo de retención de 90 días (Asociación Profesional de Playas y Medio Ambiente, 2016).

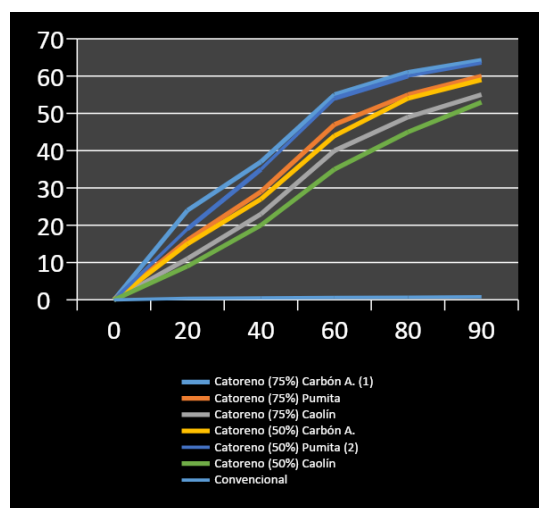


Figura 7. Porcentaje de biodegradación

Elaborado por: Autores, 2019

En la tabla 7, se muestran los pesos al inicio, final y su variación, el mismo que tiene relación con los resultados de biodegradación. Sin embargo, no se consideró la humedad presente, como lo hacen en el estudio de Absolón (2015), donde por medio de la mufla extrajeron la humedad del producto y así evitaron errores en el proceso de la degradación.

Tabla 7. Peso de muestras

Muestra		Peso Inicial (g)	Peso final (g)	Variación de peso (g)
75% de caroteno	Carbón Activado	577.20	554.10	23.00
	Pumita	572.80	540.70	32.10
	Caolín	582.50	541.40	41.10
50% de caroteno	Carbón Activado	576.00	527.70	48.3
	Pumita	575.90	538.10	37.80
	Caolín	581.40	528.50	52.90
Convencional		574.90	516.6	58.30

Elaborado por: Autores, 2019

Conclusiones

Se estableció procedimientos analíticos para la nicotina y el alquitrán mediante la extracción de antioxidantes con el protocolo estandarizado del Centro de Investigación y Control Ambiental. La extracción de la fase sólida se realizó por medio de columnas Bond-Elut-Certify-LRC, métodos de NPD, EM y el análisis de nicotina por medio del cromatógrafo de gases CG-NPDEM.

Se demostró que los filtros de prueba tipo 1 y tipo 2 con diferentes composiciones tienen una variedad de remoción de nicotina en diferentes porcentajes. El tipo 1 con una composición de carbón activado con carotenos tuvo un porcentaje de remoción del 94% de alquitrán.

La biodegradabilidad tomando como referencia la Norma ISO-17556, indicó que los filtros elaborados presentaron un alto nivel de biodegradación alcanzando un valor de 75% el tipo-1 y un 50% el tipo-2, ambos en un tiempo de retención 90 días.

Referencias Bibliográficas

- Absolón, C. (2015). Propuesta de manejo de residuos de colillas de cigarrillo enfocada en su reciclaje. D.F. México.
- Aquino, R., Barrios, C., Lobos, C., & Álvarez, A. (05 de Septiembre de 2016). Determinación de nicotina, cotinina y cafeína por CG-NPD-EM en leche materna de púerperas atendidas en el hospital “Las Higueras”, Talcahuano, Chile. Tarapacá, Chile.
- Asociación Profesional de Playas y Medio Ambiente. (Mayo de 2016). Informe sobre los residuos de filtros de cigarrillos. Roda, Cádiz, España.
- Borges, A., Márquez, I., & Del Castillo, N. (2011). Análisis químico del humo de la corriente principal de puros y cigarrillos. San Antonio de los Baños, Artemisa, Cuba.
- Castañeda, S. (2011). Transformación de las colillas de cigarrillo a medos creadores de vida, para mitigar el Impacto Ambiental. Bogotá, Colombia.
- Chávez, R., López, F., Regalado, J., & Espinosa, M. (2014). Consumo de tabaco una enfermedad social. México.

- Comisión Económica para América Latina. (30 de Diciembre de 2016). Perfil y comportamiento tecnológico de la Industria del Cigarrillo. Buenos Aires, Argentina.
- Díaz, P., & Martínez, E. (14 de Noviembre de 2013). Respirar aire contaminado es tan nocivo como fumar cigarrillo. Medellín, Antioquia, Colombia.
- Fernández, L. (Junio de 2014). El tabaco como factor de Riesgo. Colombia.
- Gómez, V., Rubén, M., Durán, L., Arévalo, J., & Ortiz, C. (2012). Usar colillas como absorbentes acústicos. España.
- Granda, J., Girón, W., & López, L. (2019). Las colillas: efectos colaterales de los cigarrillos sobre los humanos, los animales y el medioambiente. Madrid, España.
- Guevara, A. (Noviembre de 2015). Sistema para el adecuado desecho de colillas de cigarrillo. Cartagena, Colombia.
- Henríquez, P., Sanhueza, O., Merino, J., & Sáez, K. (2018). Efecto de una intervención estructurada de enfermería en disminución del hábito tabáquico en mujeres fumadoras. España.
- Joly, D. (Agosto de 2015). El habito de fumar cigarrillos en América Latina una encuesta en ocho ciudades. Panamá.
- Konfino, J., Ondarsuhu, D., & Goldb, L. (Enero de 2019). Encuesta Mundial de Tabaquismo en Adultos. Argentina.
- Liras, A., Martín, S., García, R., Maté, I., & Padilla, V. (2017). Tabaquismo Fisiopatología y prevención. Madrid, España.
- Maletín educativo de Salud. (16 de Septiembre de 2014). El tabaco. Argentina.
- Manrique, J., Eslava, I., & Chaparro, J. (2017). Uso integral de colillas de cigarrillo con fines ambientales y comerciales. Proyecto piloto en la facultad del medio ambiente de la universidad distrital francisco José de caldas. Bogotá, Colombia.
- Martínez, I. (2011). Estudios del efecto de la presencia de diferentes catalizadores sobre la composición del Humo del tabaco. Alicante, España.
- Marulanda, J., Trujillo, N., Escobar, S., & Cortés, A. (30 de Julio de 2014). Uso de filtros naturales para reducir el contenido de alquitrán en el humo del cigarrillo. Medellín, Colombia.
- Monteverde, H. (2009). Tabaquismo grave problema de salud. España.
- Monzonis, J. (2011). Estudio para la minimización del residuo de colillas de tabaco y su posible reutilización. Gandía.
- Reiter, J. (18 de Septiembre de 2014). Producto mortal de origen natural. Caba, Argentina.
- Revista de Educación en Ciencias. (10 de Agosto de 2011). Química del cigarrillo ¡Deja de fumar! *Journal of Science Education*, 115.
- Ruiz, M., Gómez, I., Rubio, C., Revert, C., & Hardisson, A. (29 de Noviembre de 2014). Efectos tóxicos del tabaco. España.
- Yu, L.-X., Dzikovski, B., & Freed, J. (02 de Enero de 2012). A Protocol for Detecting and Scavenging Gas-phase Free Radicals in Mainstream Cigarette Smoke. España.

DETERMINACIÓN DE LA LÍNEA BASE PARA LA GESTIÓN INTEGRAL DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS GENERADOS EN LA UNIVERSIDAD DE LA GUAJIRA, SEDE RIOHACHA

ANDRES GALINDO MONTERO, Universidad de La Guajira, agalindo@uniguajira.edu.co
ESTEFANY VANNESSA PIMIENTA SERRANO, Universidad de La Guajira, evpimienta@uniguajira.edu.co,
stefivan-25@hotmail.com
FRANCISCO SILVERA CHIMA, Universidad de La Guajira, fsilvera@uniguajira.edu.co

1.- Abstract: In the last two decades, the generation and management of solid waste has become an environmental and public health problem. Since his generation is inevitable in any human activity. In Colombia, clear guidelines have been established for the Integral Management of Solid Waste, through standards aimed at promoting processes of minimization, use, recovery, treatment and controlled final disposal of waste. The University of La Guajira as the main source of academic and social development, is called to identify and solve their particular problems, such as the issue of solid waste, in order to provide tangible solutions to the problems of the region. For the development of the research, the methodological guidelines of Resolution 0754 of 2014, RAS 2012, Law 1672 of 2013, Resolution 1164 of 2002 and Resolution 1362 of 2007 were taken as a basis. In response to the objectives presented The following results: the weekly production of waste is 2609.43 kg and the production per capita corresponds to 0.04790 kg / inhab-day, they were classified according to the norm and problems were identified such as : Absence of segregation at the source, deficiency in the collection and transport of the RS to the point of collection, inadequate final disposal, deficiency in the handling of the RCD, inadequate valuation of WEEE, poor management of the RGAS, poor management of the RESPELs, lack of risk management.

Keywords: solid waste, pollution, landfill, risk management.

2.- Introducción

La generación y manejo de los residuos sólidos (RS) se constituyen en una de las preocupaciones de la sociedad actual puesto que la dinámica de desarrollo y crecimiento poblacional llevan a la producción masiva de estos. Como medida de prevención se ha desarrollado un marco normativo internacional para dar directrices de las prácticas adecuadas para la gestión de los RS. Estas normas se establecieron para realizar su debido manejo en los diferentes sectores de la sociedad por medio políticas locales e implementación de planes de gestión que regulen y disminuyan el aumento de estos desechos (Ibarra, 2011).

A nivel institucional diversos sectores se han preocupado por entablar nuevos métodos para la gestión de los diferentes residuos que se generan en estas, algunas de las acciones más significativas son el programas de aprovechamiento que incluyen: reúso, reciclaje, comercialización, transformación, entre otros, para así reincorporar estos materiales al ciclo productivo y económico de las entidades en cuestión (Marulanda, 2010).

Sin embargo otros sectores e instituciones no logran aplicar la debida gestión de sus residuos, por lo que necesitan priorizar acciones encaminadas a diseñar estrategias, planes y métodos dentro del marco de su institucionalidad, desarrollando así las acciones correspondientes a la adecuada gestión de los mismos (Silva, 2010).

En lo que respecta a esta investigación; en donde se – aborda el manejo de los residuos sólidos al interior de la Universidad de La Guajira, donde este representa un problema socio-ambiental debido a la escasa planificación, gestión y operación por parte del ente educativo. El inadecuado manejo de estos propicia la proliferación de vectores, emanación de olores, deterioro del suelo y degradación del paisaje. Además de generar condiciones adversas para el libre desarrollo de la comunidad universitaria, lo que limita el avance y el reconocimiento institucional desde la operación propia de la academia (Galindo y Perez, 2001).

Como medida alternativa a la problemática observada en esta institución, en esta investigación se ha desarrollado la construcción de la línea base en relación a los diferentes factores que contempla el manejo de los residuos sólidos generados en la Universidad de La Guajira; la cual da nociones básicas y claras del estado que presenta la universidad en materia de residuos.

Para la elaboración de la línea base se establecieron aspectos, parámetros y guías basadas en la norma, para identificar en qué estado y con qué cuenta la universidad para el manejo de los residuos. Además de los aspectos metodológicos normativos se aplicaron otras metodologías que coadyuvaban a determinar la generación y aproximación de los residuos generados, para establecer puntos de partida para los esquemas que se deben llevar a cabo en las soluciones pertinentes a la problemática presente en la Universidad de La Guajira.

Como estructura para la línea base, se propusieron tres lineamientos que la definen sistemáticamente, la primera consiste en la determinación de los parámetros y aspectos expuesto por la norma, la cual se considera el grueso del documento y la consolidación de toda la información pertinente para los análisis respectivos. La segunda línea consiste en la construcción del árbol de problemas para identificar los problemas centrales del estado actual de la universidad e identificar las causas y efectos, dejando la proyección de los posibles objetivos del futuro plan de gestión de residuos. Y como tercera línea se desarrolló la priorización del problema para identificar la prioridad de atención de cada uno de ellos teniendo en cuenta la importancia y el tiempo de su atención.

Cabe resaltar que la elaboración de la actual investigación es la base principal para el diseño del Sistema de Gestión Integral de Residuos Sólidos (SGIRS), el cual contendrá los planes, programas, actividades y acciones individuales para el tratamiento de los residuos, manteniendo las particularidades adecuadas para tratar cada uno desde su composición y naturaleza.

3. Objetivos

Determinar mediante un diagnóstico, la Línea Base que aporte los elementos necesarios para desarrollar la gestión integral de los residuos sólidos generados en la Universidad de La Guajira.

4. Metodología

Para el desarrollo de la investigación, se tomó como base los lineamientos metodológicos enunciados principalmente por la normativa Colombiana; resolución 0754 de 2014, algunos aspectos del RAS 2012, como también los enunciados básicos de la Ley 1672 de 2013, la resolución 1164 de 2002 y la resolución 1362 de 2007.

Para la construcción de la línea base, se tomó y modificó la estructura de parámetros de la resolución 0754 de 2014. Con el propósito de comprender el estado de generación en las diferentes áreas de la universidad y obtener mayor detalle de la generación de los RS, se zonificó la Universidad por áreas, las cuales fueron consideradas como fuentes de generación, la distribución de las áreas fue realizada de acuerdo a la proporcionalidad física de la universidad, por lo general cada bloque se denotó como un área independiente. Las diferentes cafeterías, los restaurantes, los comederos, los laboratorios y el centro de salud, fueron tomados como fuentes independientes a los bloques ya identificados.

Se identificaron las condiciones de amenaza, vulnerabilidad y riesgo que incluía la cuantificación posible de daños e impactos sobre la prestación del servicio de aseo y la definición del riesgo mitigable. Para tales fines se utilizó la metodología expuesta por el Ministerio de Vivienda en el año 2014 con la “Herramienta metodológica para la formulación de programas de gestión del riesgo de desastres en los servicios de acueducto alcantarillado y aseo acueducto, alcantarillado y aseo”, las matrices de ponderación de Leopold y las matrices de doble entrada del DINAPRE, 2006. Además de algunas consideraciones particulares de los autores de la investigación.

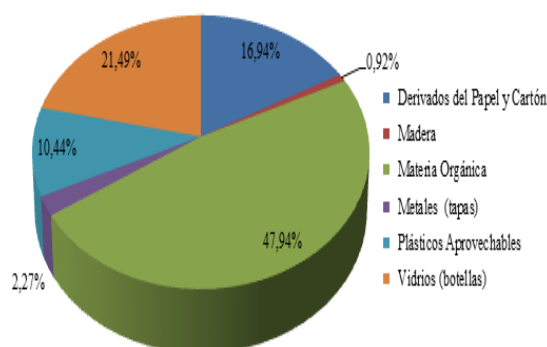
Además de esto para la identificación de los problemas y de sus causas y efectos, se utilizó la herramienta denominada “el árbol de problemas”; se establecieron el tiempo requerido y la importancia de su atención y solución haciendo uso del modelo establecido en la Resolución 0754 de 2014.

5. Resultados

Respecto a la composición de los residuos aprovechables generados en la universidad de la Guajira se pudo establecer que en términos de porcentaje la materia orgánica representa casi la mitad de esta categoría de residuos con el 47,94%, seguido del vidrio en forma de botellas con el 21,49% y como tercer gran producto están los residuos derivados del papel y el cartón con el 16,94% (Figura 1).

En lo que respecta a la producción de residuos sólidos se encontró que las áreas correspondientes a la Cafetería del Bloque 2, el Restaurante Universitario, la Cafetería Principal y la Cafetería de ASPU son las principales fuentes de producción de materia orgánica. Las áreas correspondientes al Bloque 2, Bloque 3, Bloque 5, Sala de Lectura-Recursos Físicos y el Bloque 4 son las principales fuentes productoras de vidrio. Y por último las áreas del Bloque de Recursos Físicos, Bloque 2, Bloque 4 y el Bloque Administrativo son las principales fuentes de generación de derivados de papel y cartón.

Figura 1. Distribución porcentual de los RS aprovechables.



Los residuos que más se producen en la Universidad son los residuos que se generan a partir del barrido con una producción de 1012,7 kg perteneciente a los residuos no aprovechables, seguido de la materia orgánica con una producción de 526,7 kg los cuales pertenecen a los residuos aprovechables.

En la Figura 2. Se muestra la producción de cada tipo de residuo y sus clasificaciones, concretar en términos generales la producción de residuos sólidos en la universidad de La Guajira.

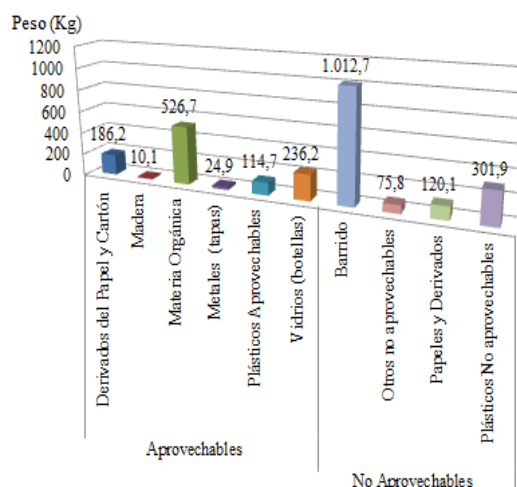


Figura 2. Producción general de RS por tipos de materiales

Entre otros residuos a resaltar dentro de los principales producidos al interior de la universidad se encuentran los plásticos no aprovechables que contienen una producción de 301,9 kg, se debe anotar que estos residuos requieren de un proceso de transformación complejo y costoso que implica transformaciones químicas, por lo que se consideraron como residuos no aprovechables, sin embargo una tecnología adecuada podrían reincorporar estos residuos al ciclo productivo.

En cuanto al manejo y disposición final de los Residuos Peligrosos (RESPEL), la Universidad de La Guajira no cuenta con un plan encaminado a la gestión de este tipo de residuos, pero si con una guía llamada “programa para eliminación de residuos químicos”; el cual establece la metodología que se le aplican a estos elementos y/o compuestos que debido a su peligrosidad deben ser debidamente tratados y procesados. Esta guía ha sido diseñado por la Universidad de La Guajira para dar trazabilidad a los residuos generados en los laboratorios cobijados tanto por el decreto 4741 de 2005 como los cobijados por el 0351 de 2014.

De acuerdo con los resultados obtenidos a partir de la identificación de los diferentes procedimientos que involucran RESPEL se clasificaron siete grupos con su respectivo sistema de rotulación, de la siguiente manera; Grupo 1: Disolventes orgánicos no halogenados o clorados (Etiqueta naranja); Grupo 2: Disolventes orgánicos no halogenados o no clorados (etiqueta verde); Grupo 3: Soluciones acuosa (etiquetado azul); Grupo 4: Soluciones acidas (etiqueta roja); Grupo 5: Soluciones acuosas con presencia de metales pesados (etiqueta azul); Grupo 6: Aceites y material impregnado de aceites, como estopas (etiqueta marrón); Grupo 7: Sólidos (etiqueta amarilla).

Dependiendo la complejidad de la composición de los RESPEL se deriva que tipo de neutralización o método físico o químico se le debe aplicar.

Aquellos residuos que no son vertidos en el desagüe, son acumulados en unas habitaciones bien ventiladas y destinadas especialmente para contener estos tipos reactivos, los RESPEL son ubicados a la altura del piso para evitar cualquier riesgo de derrame, se encuentran bien sellados y etiquetados, a la espera de poder darles una buena disposición final, motivo que es imperativo para los encargados de los laboratorios, los cuales comentan que no han encontrado una empresa que tenga la normatividad como regla y cumpla con lo estipulado en la norma para este tipo de residuos.

Con relación a los residuos generados en la atención en salud (RGAS) la información relacionada está conformada por los residuos generados por el centro de salud; Los residuos más comunes que se generan en las diferentes áreas del centro de salud son el papel, plástico, vidrio, y cartón. Solo las áreas de medicina general y odontología generan residuos peligrosos, entre estos se encuentran las gasas, guantes, algodones, baja lenguas, jeringas, agujas, dientes, eyectores y amalgamas (Tabla 1).

Tabla 1. Producción de RGAS en el centro de salud.

Tipo de residuos	Kg/mes	Kg/semestre	Kg/año
Biosanitarios	7,752	31,008	62,016
Cortopunzantes	0,2260	0,90432	1,8086
Reciclables	16,586	66,34	132,68
Ordinarios	4,776	19,104	38,208
Biodegradables	0,52	2,054	4,106
Total	29,860	119,41032	238,81

En lo referente a la desactivación de los residuos generados en el consultorio de odontología como los restos de amalgamas son desactivados con glicerina al 2% en donde se le adiciona la misma cantidad para una desactivación adecuada, igual con los residuos generados en el consultorio médico, como Biosanitarios, los cuales son desactivados con Peróxido de Hidrogeno; proceso que le dan para su almacenamiento y disposición final.

Por otra parte se realizó la construcción del árbol de problemas para identificar los problemas centrales del estado actual de la universidad e identificar las causas y efectos, el cual se obtuvo mediante el análisis de los resultados de los parámetros, el cual describe de manera muy puntual las condiciones y problemas ambientales que presenta la Universidad De La Guajira en la gestión de los residuos generados en las diferentes áreas que la conforman, los cuales no han sido atendidos permitiendo su continuidad. Estos problemas fueron identificados y expuestos en el árbol del problema, el cual fue elaborado con los lineamientos que expresa la resolución 0754 de 2014 y la metodología del marco lógico del CEPAL, 2005.

A continuación en la Figura 3-7, se representan los problemas, causas y efectos identificados en el presente estudio.

Figura 3. Deficiencia infraestructural y operacional para la recolección y transporte de los RS hasta el punto de acopio.

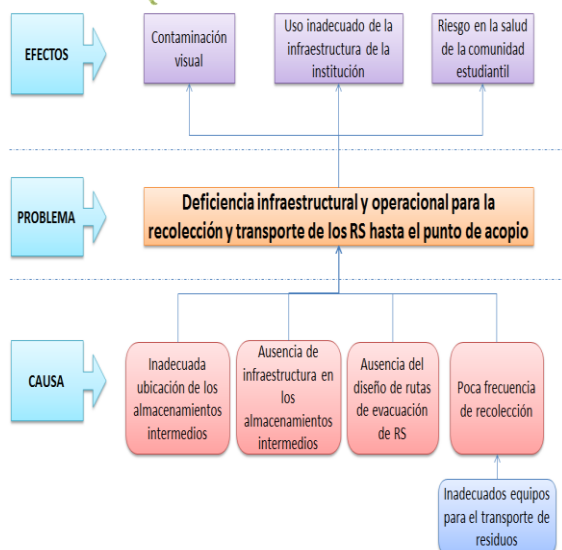


Figura 4. Inadecuada disposición final de los residuos sólidos.

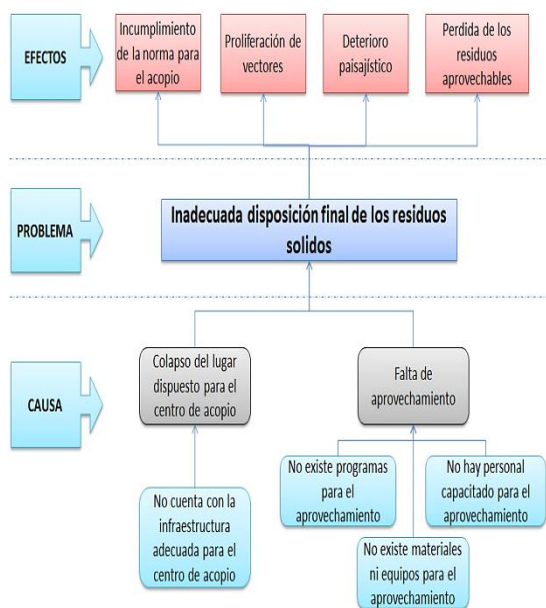


Figura 5. Gestión deficiente de los RGAS.

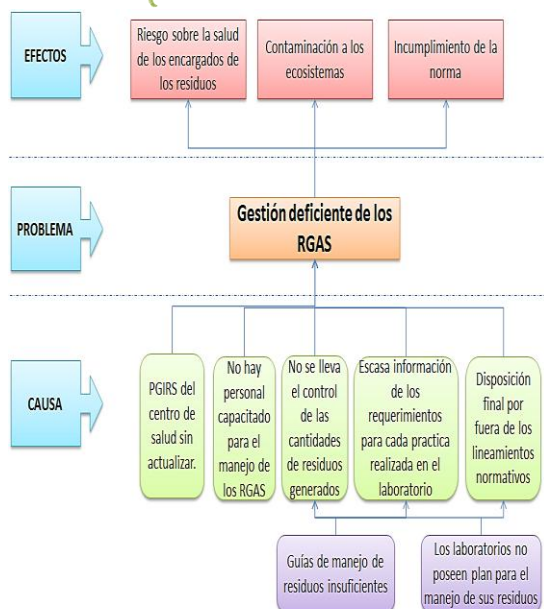
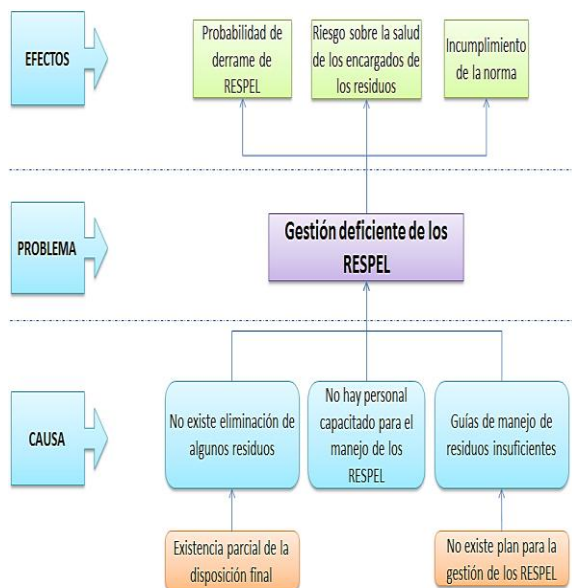


Figura 6. Gestión deficiente de los RESPEL.



6. Conclusión

La generación de residuos en la Universidad De La Guajira, es un tema imperante y de mucha preocupación, lo cual da origen a la necesidad de estudiar el manejo que la institución le da a los mismos. Gracias a ello se pudo entablar como objetivo central para esta investigación; “Determinar mediante un diagnóstico, la línea base que aporte los elementos necesarios para desarrollar la gestión integral de los residuos sólidos generados en la universidad de La Guajira”. En la consecución del objetivo anterior se logró identificar como resultado, que la universidad cumple parcialmente la normatividad colombiana en cuanto al manejo de los residuos sólidos, esto debido a la inexistencia de planes y programas que direccionen las acciones pertinentes para la debida gestión de los residuos generados en la Universidad de La Guajira.

7. Referencias

CEPAL. Metodología del marco lógico para la planificación, el seguimiento y la evaluación de proyectos y programas. 2005. 126 p.

Colombia. Congreso De La República. Ley 1672 de 2013 (19, julio, 2013). Por la cual se establecen los lineamientos para la adopción de una política pública de gestión integral de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEE), y se dictan otras disposiciones. Diario oficial. Bogotá D.C., 2013. No. 48856. 26 p.

Colombia. Ministerio De Ambiente, Vivienda Y Desarrollo Territorial. Resolución 1362. (02, agosto, 2007). Por la cual se establecen los requisitos y el procedimiento para el Registro de Generadores de Residuos o Desechos Peligrosos, a que hacen referencia los artículos 27 y 28 del Decreto 4741 del 30 de diciembre de 2005. Diario oficial. Bogotá D.C., 2007. No. 46712. 10 p.

Colombia. Ministerio De Vivienda, Ciudad Y Territorio; Ministerio De Ambiente Y Desarrollo Sostenible. Resolución 0754. (25, noviembre, 2014). Por la cual se adopta la metodología para la formulación, implementación, evaluación, seguimiento, control y actualización de los Planes de Gestión Integral de Residuos Sólidos. Diario oficial. Bogotá D.C., 2014. No. 49352. 58 p.

Colombia. Ministerio Del Medio Ambiente. Resolución 1164. (06, septiembre, 2002). Por la cual se adopta el Manual de Procedimientos para la Gestión Integral de los residuos hospitalarios y similares. Diario oficial. Bogotá D.C., 2002. No. 45009. 62 p.

Colombia. Presidencia De La República. Decreto 351. (19, febrero, 2014). Por el cual se reglamenta la Gestión Integral de los residuos generados en la atención en salud y otras actividades. Diario oficial. Bogotá D.C., 2014. No. 49069. 32 p.

Colombia. Presidencia De La República. Decreto 4741. (30, diciembre, 2005). Por el cual se reglamenta parcialmente la prevención y el manejo de los residuos o desechos peligrosos generados en el marco de la gestión integral. Diario oficial. Bogotá D.C., 2005. No. 46137. 42 p.

Dirección Nacional De Prevención (DINAPRE); Instituto Nacional De Defensa Civil; Unidad De Estudios Y Evaluación De Riesgos (UEER). (2006) Manual Básico para la Estimación del Riesgo. Lima, Perú. 11-25 p.

Galindo, A y Pérez J. Plan de manejo integral de los residuos sólidos de la Universidad de La Guajira. Trabajo de grado Ingeniero del Medio Ambiente. Riohacha: Universidad de La Guajira. Facultad de Ingeniería, 2001. 158 p.

Guía Para La Elaboración E Interpretación De La Matriz De Leopold [en línea]. SCRIBI. [citado 25 mayo]. Disponible en: <https://es.scribd.com/doc/306861361/Guia-Para-La-Elaboracion-e-Interpretacion-de-La-MATRIZ-de-LEOPOLD>.

Ibarra, Y. (2011) Sistemas de tratamiento y disposición final de residuos sólidos. Bogotá D.C.: Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD). Escuela de ciencias agrícolas, pecuarias y del medio ambiente, 154 p.

Marulanda, O. (2010) Propuesta de plan de gestión integral de residuos sólidos en las instituciones educativas ubicadas en el Corregimiento de Arabia Municipio de Pereira. Trabajo de grado Especialista en Gestión Ambiental Local con Énfasis Empresarial. Pereira: Universidad Tecnológica de Pereira. Facultad de Ciencias Ambientales. 48 p.

Ministerio De Vivienda, Ciudad Y Territorio Y Unidad De Gestión Del Riesgo De Desastres. Herramienta Metodológica para la Formulación de Programas de Gestión del Riesgo de Desastres en los Servicios de Acueducto Alcantarillado y Aseo. Bogotá D.C.: El Ministerio, 2014. 68 p.

Ministerio De Vivienda, Ciudad Y Territorio. Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS, TÍTULO F, Sistemas de Aseo Urbano. Bogotá D.C.: El Ministerio, 2012. 264 p.

Silva, S. (2010) Diagnóstico plan de manejo integral de residuos Sólidos. Medellín: Fundación Universitaria María Cano, 29 p.

O PROGRAMA DE RECICLAGEM DE RESÍDUOS SÓLIDOS EM REDE DE ECOPONTOS NA CIDADE DE FORTALEZA: CAMINHOS PARA UMA ECONOMIA CIRCULAR

ADEILDO CABRAL DA SILVA, Instituto Federal do Ceará, cabral@ifce.edu.br,
adeildocabral@gmail.com

LIGYA GUIMARÃES CAPELO, Instituto Federal do Ceará, lguimaraescapelo@gmail.com

FELIPE DE SOUSA MAXIMIANO, Instituto Federal do Ceará, gui_mafelipe@hotmail.com

JOÃO JOSÉ HILUY FILHO, Universidade Federal do Ceará, jhiluy@gmail.com

RESUMO

Os resíduos sólidos urbanos constituem-se um dos grandes e atuais desafios no que concerne a sua gestão no Brasil, uma vez que se configura o aumento da população em áreas urbanas e consequentemente o crescimento da geração dos mais variados tipos de resíduos. O aumento da produção de países industrializados, o alto crescimento populacional nas cidades e hábitos de consumo desenvolvidos na “cultura do descartável” traz como consequência uma ampliação da produção de resíduos, ocasionando graves impactos socioambientais. Como uma das alternativas para o descarte de materiais foram criados em Fortaleza, capital do estado do Ceará, os Ecopontos que são locais de entrega voluntária de pequenos volumes de entulho de até 1 m³, grandes objetos como móveis, restos de poda de árvores etc. e resíduos recicláveis. Nesses Ecopontos há funcionários responsáveis pelo recebimento, triagem dos materiais recebidos e cadastrar os materiais que geram incentivos. O presente trabalho trata de um estudo de caso que trata da identificação dos locais onde estes equipamentos se encontram instalados, a facilidade com que a população pode acessar esses locais para a entrega dos resíduos, a visita de alguns pontos de coleta de resíduos, com o propósito de compreender a logística do programa, além de analisar o panorama dos resíduos sólidos no Brasil em 2016 e 2017 (ABRELPE). Faz ainda uma análise comparativa da melhoria quanto a gestão de resíduos sólidos depois dessa implantação. Um dos aspectos observados é o desconhecimento por parte da população acerca dos Ecopontos, de sua função e dos benefícios que oferecem.

Palavras-chave: Coleta Seletiva; Ecopontos; Reciclagem.

ECOPONTOS RECYCLING NETWORK IN FORTALEZA; AN ALTERNATIVE FOR SOLID WASTE THE REDUCTION IN FORTALEZA TOWARD THE CIRCULAR ECONOMY

ABSTRACT

The urban solid waste is one of the big and actual challenges facing the management in Brazil, since the increasing of population in urban areas and consequently the growth of the generation of the most varied types of waste. High industrial production, population growth in cities and consumption habits developed in the "disposable culture" result in an increase in waste production and, as a result of serious socio-environmental impacts. As one of the alternatives for the disposal of materials it was created the Ecopoints network, that are places of voluntary delivery of small volumes of rubble up to 1 m³, large objects such as furniture, tree prunings, and recyclable waste. In these Ecopoints there are employees responsible for receiving, sorting the materials received and registering the materials that generate incentives. The work deals with a case study and involves the identification of the places where they are, the ease with which the population can access these places for the delivery of the waste, the visit of some points of collection of waste, with the purpose of understanding the logistics of the program in addition to analyzing the solid waste scenario in Brazil in 2016 and 2017 (ABRELPE) and to compare if there was an improvement in solid waste management after the implementation of the Ecopoints. One of the observed aspects is the population's lack of knowledge about ecopoints and their role in addition to the benefits they offer.

Keywords: Selective Collection; Ecopoints; Recycling.

INTRODUÇÃO

Após a revolução industrial com o grande desenvolvimento das cidades, o surgimento de produtos descartáveis e o consumo exacerbado de produtos industrializados aumentou consideravelmente a quantidade de resíduo produzido que se tornou um grande problema na atualidade, a falta de estrutura para a disposição final desse resíduo agravou ainda mais esse problema.

A Lei 12.305/2010 que institui no país a Política Nacional de Resíduos Sólidos estabelece princípios e objetivos que podem contribuir decisivamente para uma gestão correta e integrada dos diversos tipos de resíduos gerados, possibilitando aos agentes envolvidos contribuir para o desenvolvimento sustentável, a preservação dos recursos naturais e a afirmação da cidadania. O plano de gerenciamento de resíduos sólidos (PGRS) é um instrumento que estabelece a seguinte ordem de prioridade: não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos. Os ecopontos reciclam, tratam, bem como prolongam o período até a disposição final do rejeito, mas fica sobre responsabilidade do consumidor a não geração, a redução, e a separação adequada dos produtos recicláveis para assim reduzir a quantidade de resíduos sólidos nos aterros em benefício de todos.

Foi estudado o Panorama de resíduos sólidos no Brasil de 2016 e 2017 ABRELPE para reconhecimento do real cenário de resíduos no Nordeste já que Fortaleza- Ce se encontra nessa região. O Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil foi criado para facilitar o acesso das empresas públicas e privadas, das organizações não-governamentais, imprensa, sociedade, órgãos governamentais e da sociedade em geral, às informações sobre resíduos sólidos de maneira mais atualizada e fidedigna.

O programa Recicla Fortaleza no qual pertence os ecopontos foi iniciado em abril de 2016 com a parceria entre Prefeitura e Coelce, este programa torna possível a diminuição de resíduos sólidos recicláveis e gera um incentivo que é um desconto na conta de energia ou crédito no transporte coletivo, os materiais que vão gerar crédito na conta de energia são: vidro, metal, papel, plástico, óleo de cozinha e embalagens tetra pak, porém outros materiais são recebidos sem que gerem incentivos tais como entulhos de obras de pequeno porte, cerâmicas ou porcelanas, móveis, estofados, madeiras, restos de podas de plantas, pilhas, celulares, aparelhos eletroeletrônicos, papel sujo ou plastificado, embalagens de ovos, caixas de sabão em pó, embalagens aluminizadas e pneus, mas para a utilização do serviço de maneira adequada o cidadão precisa lavar, separar os resíduos recicláveis e levar até os Ecopontos para a pesagem, pois é através do peso e tipos de materiais que será calculado o valor do incentivo.

A cidade de Fortaleza, capital do estado do Ceará gera cerca de 170 mil toneladas/mês de resíduos sólidos e descarta a maior parte no Aterro Sanitário Metropolitano Oeste de Caucaia, como alternativa a esse grande descarte nos aterros atualmente existem 48 ecopontos na cidade de Fortaleza onde os moradores podem descartar recicláveis em troca de incentivos acima citados e dessa forma auxiliar na gestão de resíduos sólidos, a identificação dos ecopontos em Fortaleza e sua determinada localização, está disposta na figura 1:

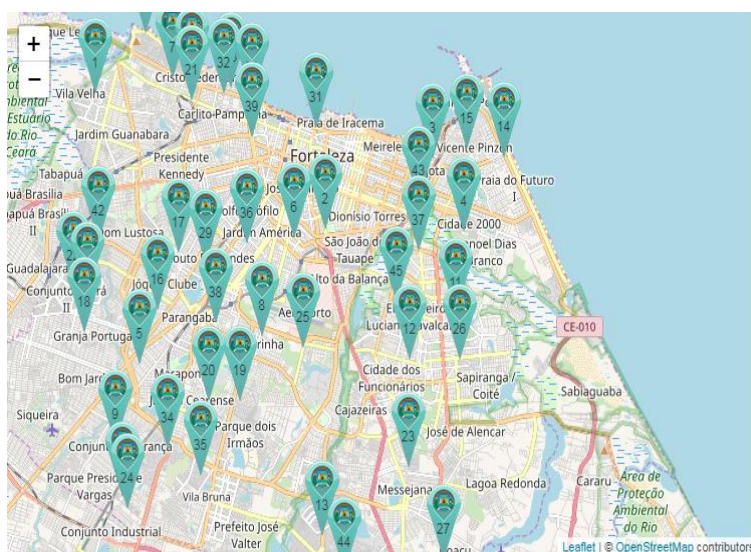


Figura 1. Mapa da Localização dos Ecopontos de Fortaleza

Fonte: Ecopontos - Urbanismo e Meio Ambiente - Prefeitura Municipal de Fortaleza

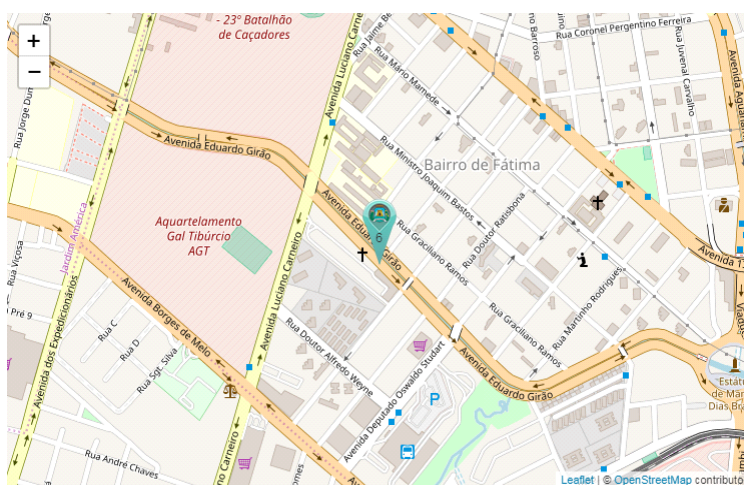


Figura 2. Localização Espacial do Ecoponto de Fátima

Fonte: Ecopontos - Urbanismo e Meio Ambiente - Prefeitura Municipal de Fortaleza

Boa parte dos Ecopontos foram implantados em áreas de descarte clandestino, o que auxilia na destinação correta desses resíduos, favorecendo os aspectos ambientais do espaço. Por esse motivo se justifica o estudo de sua utilização como alternativa para redução de resíduos sólidos, com o intuito de evidenciar os benefícios do programa a população.

OBJETIVOS

O presente trabalho propõe analisar a quantidade de geração, coleta, coleta seletiva, e disposição final de resíduos sólidos urbanos utilizando o Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil da região do Nordeste e comparar com as datas de implantação dos ecopontos da cidade de Fortaleza para identificar se ocorreram possíveis reduções na disposição inadequada de resíduos sólidos bem como a redução na quantidade de resíduos enviados para os lixões e aterros sanitários.

Identificar a contribuição do ecoponto na gestão de resíduos sólidos da cidade de Fortaleza e considerar possíveis melhorias para o programa Recicla Fortaleza.

METODOLOGIA

A metodologia foi desenvolvida em 4 etapas:

- Identificação e visita a alguns Ecopontos para observação da logística;
- Avaliação da redução de resíduos sólidos de Fortaleza comparando o cenário Regional com as informações disponíveis do Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil.
- Levantamento do Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil (ABRELPE) ano 2016 e 2017;

d) Análise dados correspondentes a região Nordeste e sobrepor as informações

Identificados os ecopontos, foi realizada visita técnica ao Ecoponto Fátima onde foi feita uma entrevista com o funcionário responsável sobre diversos tópicos tais como: os tipos de resíduo que se recebe quantidade de reciclável médio recebido ao dia, o motivo da escolha da localização dos ecopontos, se existem catadores associados aos ecopontos, qual a destinação dos resíduos recebidos nos ecopontos e quem costuma frequentar o local para entregar os materiais, com a finalidade de compreender o funcionamento do programa.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O Ecoponto Fátima mostrado na fotografia 1, onde foi realizada a visita técnica, recebe em média 3 toneladas/dia de resíduos entregues pelos moradores dos arredores do Ecoponto, as instalações dos ecopontos são selecionados de acordo com a quantidade de focos de lixo, e dessa forma se identifica a necessidade, uma vez que esses resíduos são entregues no ecoponto, eles sofrem uma triagem e são redistribuídos para outras empresas que reciclam e trabalham com economia circular, no Ecoponto Fátima até o momento da visita não existia nenhum catador associado mas o funcionário informou que no Ecoponto Pirambu existem 56 catadores associados o que aumentava a demanda para até 5 toneladas/dia de resíduos.



Fotografia 1. Imagem do Ecoponto Fátima.

De acordo com O Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil a quantidade de geração, coleta, coleta seletiva e disposição final de RSU é apresentado nas figuras 3, 4 e 5.

I. GERAÇÃO DE RSU

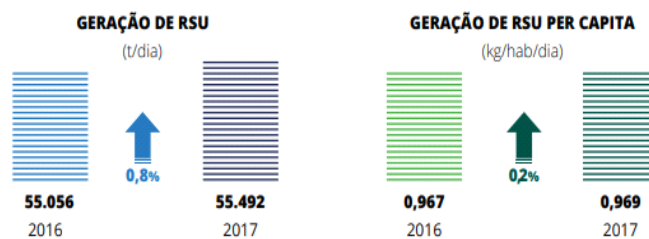


Figura 3. Quantidade de RSU gerados na região Nordeste

Fonte: Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2017

II. COLETA DE RSU

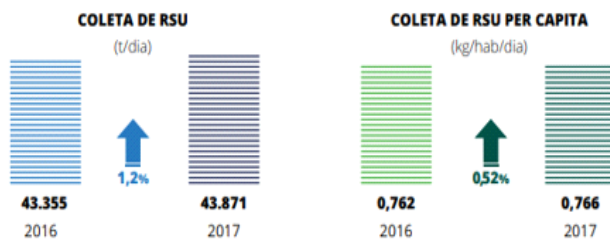


Figura 4. Quantidade de RSU coletados na região Nordeste

Fonte: Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2017

Tabela 1. Quantidade de municípios com iniciativa de coleta seletiva na região Nordeste

III. COLETA SELETIVA DE RSU

REGIÃO NORDESTE		
COLETA SELETIVA	2016	2017
Sim	889	902
Não	905	892
TOTAL	1.794	1.794

Fonte: Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2017

IV. DISPOSIÇÃO FINAL DE RSU

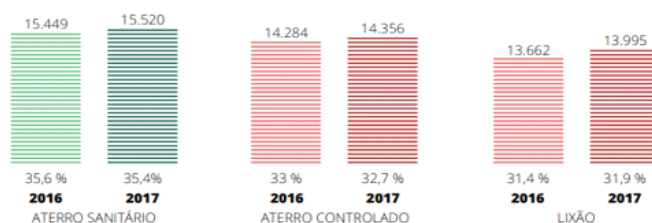


Figura 5. Disposição final de RSU na região Nordeste (T/dia)

Fonte: Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2017

É possível observar pela figura 3 que a geração de resíduos sólidos aumentou em 2017 para região Nordeste. Também se pode constatar na figura 4 que houve um acréscimo nas coletas de resíduos nos mesmos anos, e que isso ocorreu devido ao crescimento de coletas seletivas em 2017, conforme a figura 4. Na figura 5 é possível perceber que a destinação final em aterros sanitários e controlados diminuiu, embora tenha aumentado nos lixões. Assim, a partir desses valores conclui-se que há muito a ser feito ainda para um adequado gerenciamento dos resíduos no Nordeste. Torna-se imprescindível iniciativas para as coletas seletivas, ações de sensibilização e educação ambiental mais eficientes para a população possa conscientizar-se e assumir a responsabilidade da geração e descarte de resíduos.

CONCLUSÃO

Através de visitas e análises dos dados pode-se observar que os ecopontos são excelentes ferramentas para a redução de resíduos sólidos de Fortaleza, já que diminuiu o descarte irregular, além de auxiliar na sua correta gestão. Um dos aspectos observados é que muitas pessoas ainda não sabem a real utilidade dos ecopontos, nem dos benefícios ou do incentivo que o mesmo oferece, fazendo-se necessário uma ampla divulgação do programa para que a população possa utilizar com maior frequência. A localização, apesar dos bairros residenciais, como consta na figura 1, ainda é um fator que dificulta o acesso para pessoas de baixo poder aquisitivo e que não possuem carros, pois não fica em locais de fácil acesso para o transporte em coletivos ou a pé levando considerável volume nas mãos.

REFÊRENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Brito EM. 2003. Ecopontos: A Anti-cultura do Lixo. 22º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Joinville- SC

Carvalho CD. 2010. Estudo Socioambiental sobre os Ecopontos do Município de São Carlos-SP. 7º Congresso do Meio Ambiente, La Plata- Argentina

Faria, Lobato, Plano Estratégico dos Resíduos Sólidos Urbanos, Ministério do Ambiente, 1997.

Franke, C. Tratamento de lixo tecnológico no Brasil e União Europeia. Ambiente Brasil, São Paulo, 2004.

Martinho, Maria Madeira, Gonçalves, Maria Pereira, Gestão de resíduos, Universidade Aberta, 1999.

GERENCIAMIENTO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS DE SERVIÇO DE SAÚDE EM UNIDADES BÁSICAS EM PEQUENO MUNICÍPIO - BR

GUILHERME THIAGO CIDADE SPEROTTO, Universidade Estadual do Rio Grande do Sul,

danihlimberger@hotmail.com

DANIELA CRISTINA HAAS LIMBERGER, UFSM, daniela-limberger@uergs.edu.br

CLARICE GONÇALVES GUSSI, Universidade Estadual do Rio Grande do Sul, clarice_gussi@hotmail.com

The search for efficient solutions for the destination of the Solid Waste of Health Service is priority in hospitals should rely on environmental management practices and legislation, which act to minimize your generation, as well as cause an adequate final disposition. Visits were made to these locations in city Tapes/Brazil, all with the follower of the responsible for each unit. Thus, some nonconformities have been identified, few follow the necessary prevention principles, putting at risk public health and the environment. The competent body does not offer adequate training, which is extremely important for health professionals. Another factor that interferes is that these establishments linked to public health, do not have the proper collection of their waste, because they remain stored for a period of up to fifteen days, in containers suitable for the discards and these only reach the final disposal after this period. It is necessary to alert, where priority should be given to these places of health care, following laws and norms existing in the Basic Principles of Health and also, to request help in the field of the professionals of environmental management of law, who work in this sector.

Keywords: Hospital waste. Disposal of medical waste. Waste management.

1.- INTRODUCCIÓN

As questões socioambientais que o planeta atravessa são qualitativas e quantitativamente diferentes das intenções pretendidas pela população. As mudanças trazidas pela modernidade, principalmente pelo consumismo desenfreado atinge como um todo diretamente o meio ambiente e, assim, ameaça a vida no planeta. São muitos os problemas, e a maneira como isso acontece, pelos seus instrumentos, políticas e toda a dinâmica movimentada, fazem parte das grandes questões emergentes.

Acerca das questões ambientais, os resíduos sólidos gerados são um problema contínuo. A falta de aterros sanitários e a necessidade de altos investimentos para soluções emergenciais são as causas da difícil aplicação da gestão de resíduos sólidos, que determina as ações relacionadas à geração, segregação, acondicionamento, coleta, tratamento, transporte e disposição final de cada tipo de resíduo gerado pela sociedade.

Os Resíduos Sólidos de Serviços de Saúde (RSSS), representam uma pequena parcela do total de resíduos sólidos produzidos. Todavia a quantidade de RSSS gerada por uma instituição hospitalar está associada ao número de leitos existentes, bem como a capacidade de atendimento de pacientes diários.

Acrescenta-se que, as alterações climáticas provocadas pelo desequilíbrio ambiental acabam por incitar novas doenças que afetam diretamente a sociedade. A ciência na busca em combatê-los, usa medicamentos cada vez mais eficientes, com maiores impactos, mais resíduos de suas sobras, frascos e seringas descartáveis. Ainda, restos humanos, bolsas de sangue, material para higienização de ferimentos, sangue contaminado e outros vários materiais potencialmente infectantes.

Toda essa leva de componentes é relevante, e podem trazer riscos para o meio ambiente e a saúde daqueles que entram em contato com estes resíduos, principalmente quando o descarte destes é realizado de forma incorreta e inadequada, necessitando de um tratamento diferenciado. Isto, muitas vezes, é negligenciado, sendo estes resíduos descartados junto aos resíduos sólidos urbanos.

Em contrapartida outro problema surge: como fazer o descarte correto destes dejetos após a utilização? Onde e como acomodá-lo no meio ambiente? Neste âmbito, este trabalho discorrerá sobre a situação no município de Tapes/RS.

A falta de capacitação, informações e de treinamentos aos profissionais nas unidades geradoras de resíduos hospitalares, quanto da segregação incorreta implica em um potencial risco à saúde de diversos profissionais e pacientes daquela unidade.

Já quando deslocados para o ambiente externo, estes resíduos podem causar graves problemas ambientais, pois se tornam vulneráveis, isso devido ao fator exponencial de risco à saúde da população residente próxima à área de destinação final dos resíduos.

Assim, se o descarte dos resíduos fosse feito de maneira correta e responsável, poder-se-ia evitar a contaminação do ser humano e também a contaminação do meio ambiente. Se for descartado sem o prévio tratamento e em contato com o solo

poderá contaminá-lo, e também os lençóis freáticos, as águas superficiais, o ar, a flora e a fauna, pois não se sabe ainda com precisão o tempo que estes resíduos levarão naturalmente para se decomporem.

Neste sentido, a responsabilidade pelos resíduos hospitalares, no sistema brasileiro, é compartilhada pelo Poder Público e pelo produtor do resíduo hospitalar. Para desenvolver o plano de gerenciamento de resíduos, os hospitais devem realizar uma coleta segura, observando a legislação municipal, estadual e federal, de descarte de resíduos hospitalares, desenvolvendo listas dos resíduos infectantes gerados em suas instalações e dos locais onde são gerados.

Assim, a problemática que se levanta no presente estudo de que, se a forma de coleta, descarte e tratamento dos resíduos hospitalares estão dentro dos padrões e das normativas, ainda assim, poderão ou não causar danos ao meio ambiente e ao ser humano?

2.- OBJETIVOS

Descreve-se na sequência os objetivos que motivaram este trabalho.

Analisar o gerenciamento dos resíduos hospitalares no Hospital Municipal de Pronto Atendimento Nossa Senhora do Carmo e das Unidades Básicas de Saúde do município de Tapes/RS.

Os objetivos específicos deste estudo são:

- Coletar dados referentes ao número de pacientes atendidos, forma que os resíduos são descartados; e estrutura do Hospital e nas Unidades Básicas de Saúde;
- Evidenciar os danos que estes resíduos podem causar para a sociedade e para o meio ambiente;
- Destacar a importância de seguir os Princípios de Prevenção para o correto descarte dos resíduos hospitalares.

3.- METODOLOGÍA

Para este estudo foram coletados dados durante o mês de setembro e outubro de 2018, no Hospital Municipal de Pronto Atendimento Nossa Senhora do Carmo e nas Unidades Básicas de Saúde que estão localizados no município de Tapes – RS. Trata-se de um estudo descritivo de um local específico, predominantemente qualitativo, complementado por dados quantitativos. Realizaram-se visitas in loco fazendo-se uso de ferramentas como registro fotográfico e conversas informais com a equipe representativa pois servem de ponto de partida para um aprofundamento do conhecimento sobre o tema, afim de verificar-se quais são as formas de gerenciamento, coleta e descarte dos resíduos hospitalares que são gerados nestes locais. O trabalho oferece informações do manuseio de todos os variáveis tipos de resíduos que são produzidos tanto no hospital como nas UBSs, culminando na análise e a verificação da maneira correta ou incorreta que estes resíduos estão sendo utilizados e descartados. Dessa forma realizou-se o levantamento das características dos principais setores da Unidade Hospitalar de Pronto Atendimento Nossa Senhora do Carmo e das Unidades Básica de Saúde (UBSs).

Foi realizada uma coleta de dados que envolvem o número de atendimentos, estrutura física, recursos humanos, quantidade de consultas, especializações de consultas, produção de serviços por setores, entre outras informações, com base de dados existentes e registro fotográfico.

Os principais setores na unidade hospitalar e das UBSs que geram resíduos são: sala de enfermagem; sala de observação; cozinha; banheiros; sala de expurgo; consultório médico; sala de curativos; sala de pré-consulta; recepção; sala de administração; sala de vacinas; sala de procedimentos; sala de esterilização; farmácia; lavanderia; sala de realização de exames preventivos; sala de armazenamento de resíduos; sala odontológica, corredores de acesso, sala de enfermagem, enfermaria e outros.

Nas entrevistas consideraram-se as atividades rotineiras que se realizam em cada setor onde geram resíduos além da demanda de atendimento. Foram identificados os principais tipos de resíduos gerados, considerando os mais relevantes em termos quantitativos e qualitativos. Também foi apurado na entrevista, como se dá as formas de manejo, disposição, frequência de coleta, além de outras informações, como ocorrência de acidentes de trabalho durante o manejo, existência de recipientes coletores adequados e situações emergências no setor, identificando frequência e gravidade.

Aplicação do filtro de significância na avaliação dos resíduos

Com os dados das entrevistas e observações in loco foi elaborada uma matriz de aspectos e impactos ambientais. Os aspectos foram identificados por setor e relacionados à matriz conforme impacto ambiental, seguindo a classificação e aplicação do filtro de significância. Sendo que este método atende as diretrizes da NBR ISSO 14001 (2004), uma vez que a organização pode ter vários aspectos e impactos ambientais associados. Assim é recomendado que se estabeleça critérios e um método para determinar os impactos considerados significativos.

De acordo com referida Norma Técnica, não há um único método para se determinar os aspectos ambientais significativos. Porém recomenda-se que o método utilizado forneça resultados coerentes e inclua o estabelecimento e aplicação de critérios de avaliação, tais como os relativos às questões ambientais e legais, além de preocupações das partes interessadas.

Com base na norma NBR 14001 (2004), seguem algumas definições, relevantes para o preenchimento da tabela.

Aspecto Ambiental: Elemento das atividades ou serviços de uma organização que pode interagir como meio ambiente;

Impacto Ambiental: Qualquer modificação do meio ambiente, adversa ou benéfica, que resulte, no todo ou parcial, das atividades, produtos ou serviços de uma organização.

Os impactos ambientais podem ser definidos como, positivo ou negativo.

Impacto positivo; aquele aspecto que quando gerado é reaproveitado, reciclado ou aquele que minimiza, previne a geração de um impacto negativo;

Impacto negativo: é aquele aspecto que quando gerado, necessita de medidas de controle e acompanhamento para cumprimento da legislação ou atendimento as partes interessadas e política ambiental estabelecida.

Parte Interessada: É definido como indivíduo ou grupo interessado ou afetado pelo desempenho ambiental de uma organização.

Sector: Nome dos setores que geram aspectos ambientais;

Aspectos/Riscos: Identifica o aspecto ambiental ou risco à saúde e segurança no trabalho associado à atividade;

Impacto: Identifica o impacto ambiental associado com aspecto ambiental;

Situação da Atividade: Identifica a situação da atividade: normal (atividade de operação normal), anormal (atividade anormal de operação, tal como manutenção, parada e partida de equipamentos e emergências de pequeno porte) ou emergencial (emergências de médio ou grande porte).

4.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Foi possível fazer uma análise de maneira geral onde observou-se que existem uma similaridade em vários setores da unidade hospitalar de pronto Atendimento Nossa Senhora do Carmo e nas Unidades Básicas de Saúde (UBSs), no que tange problemas de coletores para acondicionamento de resíduos que se encontram em desacordo com a Resolução Anvisa nº 306/2004. Falta identificação nos coletores, sacos apropriados para a coleta dos resíduos comuns e infectantes, onde a maioria só continha sacos pretos. Demonstrando assim, que não existe uma padronização nas unidades, (HPANSC e UBSs), pois existe uma mistura de resíduos em muitos destes recipientes (coletores). Conforme informação de funcionários das unidades, hospitalar e das UBSs, existem nas unidades um estoque suficiente de coletores de perfurocortantes, sacos pretos e brancos (leitoso) para que seja suprido a demanda, além de recipientes (cestos, tonéis e coletores) para serviços de coleta destes resíduos, garantido que todos os setores façam a separação adequada dos resíduos gerados.

Mesmo que existem coletores adequados e suficientes, é notável que não tem um gerenciamento de resíduos equilibrado e adequado nas unidades hospitalares, pois pode-se perceber o despreparo de profissionais que lidam com os resíduos, o que pode gerar contaminações por acidentes no manuseio destes resíduos, no que implica muitas vezes na mistura dos resíduos gerados nos variados setores.

Tendo em vista no que se refere ao armazenamento inadequado de resíduos em muitos setores da unidade hospitalar e das UBSs, alerta-se que pode gerar um custo maior com coletas, tratamento e disposição final, e riscos de acidentes no manejo por pessoas envolvidas e que tenham pouco conhecimento ou despreparo para tais ações (coletas).

Pode observar-se que existe uma inconformidade quanto ao sistema de coleta dos resíduos nos setores, no que se refere ao treinamento de pessoa capacitada para exercer tal atividade.

Existe um plano de manejo, porém há muita deficiência no que tange o gerenciamento e manuseio dos resíduos, pois a mesma pessoa responsável pela limpeza geral, tanto na unidade hospitalar, quanto nas UBSs, é quem faz as coletas nos setores, porém, segundo, eles, não recebem um treinamento específico e sim, somente algumas orientações básicas esporadicamente. Demonstrando assim, que pouco entendem a respeito de Gestão de Resíduos Sólidos de Serviço de Saúde, quanto as suas características e periculosidade.

Cabe ressaltar que os resíduos perfurocortantes e infectantes são armazenados em coletores adequados dentro das conformidades, mas que foi possível verificar existência de papéis, esparadrapo, algodão e copos plásticos dispostos nesses coletores em alguns casos.

Em relação a coleta interna nos setores da Unidade Hospitalar e das UBSs, não existe um padrão de horário definido, tendo assim uma similaridade de inconveniências a respeito deste serviço. Nestes parâmetros, cabe-se informar e aconselhar, que adotem-se medidas quanto ao gerenciamento de coletas, para que aconteçam em horários adequadamente mais próprios no que tange ao desenvolver destas atividades de coletas, ou seja, em horário de menos fluxos de pessoas (pacientes), no que poderia evitar possíveis acidentes ou contaminação por resíduos infectantes à pessoas próximas ou expostas ao contato físico.

Verificou-se que os resíduos coletados das salas (setores), da Unidade Hospitalar de Pronto Atendimento e das Unidade Básica de Saúde UBSs, ficam armazenados em uma central de coleta de resíduos, dispostas em cada unidade na parte externa dos complexos. Os resíduos ficam armazenados em recipientes coletores onde aguardam pela coleta externa realizada pela empresa responsável. As coletas externas são realizadas a cada 15 dias, sem horário pré-definido pela empresa. O ideal seria que estas coletas externas ocorressem semanalmente evitando assim, o acúmulo destes resíduos nos coletores, pois foi constatado um excesso de resíduo nestes coletores, dificultando o seu total fechamento das tampas, fotografia abaixo.



Verificou-se, também, que a Constituição Federal destaca as competências dos entes federados, para impor regras e fiscalizar a atuação do Poder Público e Privado, no tocante à produção, tratamento e descarte de resíduo de serviço de saúde hospitalar. Além das normas constitucionais, verificou-se, também, que Ministérios, Agências Sanitárias e Conselho Nacional do Meio Ambiente possuem regras específicas e claras sobre o gerenciamento de resíduo hospitalar, para que estes não sejam descartados de forma indiscriminada no meio ambiente; evitando assim, prejuízos ambientais e sanitários.

5.- CONCLUSIONES

Como resultado deste trabalho de pesquisa, foi possível analisar que existe uma necessidade maior quanto a capacitação de profissionais e técnicas para um gerenciamento com mais segurança no manuseio dos resíduos dentro das unidades de saúde. Cabendo a aplicação das Políticas Públicas locais, uma fiscalização eficaz dos órgãos responsáveis quanto ao gerenciamento, tratamento, disposição e destino final dos resíduos de saúde, para que assim sejam protegidos o meio ambiente e a saúde pública.

6.- REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Zeng, R. J., Lemaire R., Yuan Z. and Keller J. (2004). A novel wastewater treatment process: simultaneous nitrification, denitrification and phosphorus removal. *Water Science and Technology*, **50**(10), 163-170.
- Anvisa. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. (2004). Resolução RDC nº 306, de 7 de dezembro de 2004. Dispõe sobre o Regulamento Técnico para o gerenciamento de resíduos de serviços de saúde. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*, Brasília, DF, 10 dez.
- Abrelpe. Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (2013). Resíduos de serviço de saúde. Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil. São Paulo: *Abrelpe*.
- ABNT. NBR 12807. Resíduos de serviços de saúde (1993). *Associação brasileira de normas técnicas*. Rio de Janeiro.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente (MMA). Resolução CONAMA Nº 01, de 08/03/1990. *Conselho Nacional do Meio Ambiente*.
- BRASIL. Lei de Política Nacional do Meio Ambiente (1981). Lei nº 6.938/81. *Congresso Nacional*. Brasília.
- BRASIL. Lei de Crimes Ambientais – Lei nº 9.605/98 (1998). *Congresso Nacional*. Brasília.
- BRASIL. Lei nº 123 de 2 agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 fevereiro de 1998; e dá outras providências. *Diário Oficial da União*. Brasília, e de agosto de 2010, Disponível em <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm>. Acesso em: 10 set.2018.
- Bidone, F.R.A.; Povinelli, J. Conceitos básicos de resíduos sólidos (1999). São Carlos: EESC/USP.
- BRASIL. Conselho Nacional de Meio Ambiente. Resolução n.º 358 de 29 de abril. (2005). Tratamento e a disposição final dos resíduos dos serviços de saúde e dá outras providências. In: *Diário Oficial da União*, Brasília, mai..
- BRASIL. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 10.004. (2004). *Resíduos Sólidos: classificação*, 2 ed. Rio de Janeiro, mai.
- Fernandes, G.M.R. Resíduo hospitalar: uma questão de saúde pública e ambiental. (2013). *Congresso Nacional de Excelência em Gestão*.

Lobo, A. de O.; Donaire, D. Gestão ambiental hospitalar - um estudo de casos. (2007). *Encontro nacional de gestão empresarial e meio ambiente*, 9, Anais. Curitiba: Centro Universitário Positivo, p.1-15.

Naime, R.; Ramalho, A.H.P.; Naime, I.S. Avaliação do sistema de gestão dos resíduos sólidos do hospital de clínicas de Porto Alegre. (2007). *Revista Espaço para a Saúde*, Londrina, v.9, n.1, p.1-17.

Schalch, V. Resíduos de serviços de saúde. (1990). Curso sobre gerenciamento de resíduos sólidos. Goiânia. *Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental*.

Vieira, C.S.M.. Análise do manejo dos resíduos de serviços de saúde em unidade básica de saúde vinculada a uma Instituição de Ensino Superior. (2013). Trabalho de Conclusão em Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária, *Universidade Federal de Pelotas*, Rio Grande do Sul.

ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA COBERTURA DEL SERVICIO PÚBLICO DE ASEO EN EL SECTOR URBANO Y RURAL EN LA REGION CARIBE Y REGION PACIFICA DE COLOMBIA

González Díaz Javier Mauricio, Vargas Terranova Camilo Andrés, Cortés Ávila Angie
Viviana, Gámez Falla Jaime Andrés

Universidad de la Salle Bogotá, Colombia

javigonzalez@unisalle.edu.co, cvterranova@unisalle.edu.co, angievcortes35@unisalle.edu.co,
jgamez16@unisalle.edu.co

Palabras clave: Cobertura del Servicio Público de Aseo, Generación de Residuos Sólidos, Clasificación de Residuos Sólidos, Recolección de Residuos Sólidos.

ABSTRACT

Survey of quality of life provides the population surveyed data relate them to variables such as: kind of housing, Region, Department, stratum for rate, garbage collection, number of times per week that the services, among others. For the particular case of the project will take into account the variables relating to the generation of solid waste and the coverage of the provision of the public service of toilet, since waste is what lacks of use value, and therefore, of exchange value. (André, 2016).

Related variables are assigned an assessment quantitative and qualitative for each of the variables to add them is achieved to obtain a total score and thus facilitate the management of information, then agreement information is filtered each of subsections raised to determine the number of households that have or not with the separation at the source of domestic solid waste; from these will generate tables and graphs where the comparative analysis with the help of maps will be dynamic using ArcGIS for the years 2012 and 2016 in order to propose recommendations that allow to generate guidelines for the public policies.

We will study the departments of Atlántico, Bolívar, Cesar, Córdoba, La Guajira, Magdalena, Sucre, Cauca, Chocó, Nariño and Valle del Cauca.

INTRODUCCIÓN

La presente investigación plantea un análisis comparativo de la cobertura del servicio público de aseo en el sector urbano y rural para los Departamentos del Atlántico, Bolívar, Cesar, Córdoba, La Guajira, Magdalena, Sucre, Cauca, Chocó, Nariño y Valle del Cauca, todo esto de acuerdo con los resultados que se obtienen en la Encuesta Nacional de Calidad de Vida (ENCV) que se realiza año tras año a nivel nacional, pero más específicamente para los años 2012 y 2016. En un ámbito más general se abarcará también el aporte de la ingeniería ambiental y sanitaria, desde el punto de vista de la gestión de residuos sólidos y la cobertura del Servicio Público de Aseo según las políticas públicas que presenta el país para el transcurso de estos cuatro años a estudiar.

Al realizar el análisis cuantitativo y cualitativo de la ENCV 2012 - 2016, se evidenciará la problemática que se presenta con respecto a la gestión de residuos sólidos que se tiene en los departamentos a estudiar, debido a que los residuos sólidos domiciliarios día a día aumentan por el consumismo y la obsolescencia programada que tienen la mayoría de los productos. Por medio de las variables que se brindan en la ENCV se podrá determinar el tipo de residuo, si se realiza clasificación y donde cree el ciudadano que se disponen los residuos domiciliarios.

Al generar una comparación entre ENCV del 2012 versus la realizada en el 2016 se podrá tener establecido el nivel de cobertura del servicio público de aseo y las acciones de los ciudadanos para realizar segregación en la fuente y aprovechamiento de sus residuos, dando como resultado la cobertura y la prestación de un buen servicio público domiciliario de aseo. Basándonos en esto se darán recomendaciones que previamente serán lineamientos para fortalecer los puntos débiles en los cuales está fallando el estado colombiano y las empresas de servicios públicos.

OBJETIVOS

Objetivo General

Evaluar la cobertura del Servicio Público de Aseo en el sector urbano y rural de los departamentos del Atlántico, Bolívar, Cesar, Córdoba, La Guajira, Magdalena, Sucre, Cauca, Chocó, Nariño y Valle del Cauca, por medio de la comparación de la Encuesta Nacional de Calidad de Vida entre los años 2012 y 2016.

Objetivos específicos

- Determinar mediante un análisis cuantitativo la cobertura del Servicio Público de Aseo de los departamentos del Atlántico, Bolívar, Cesar, Córdoba, La Guajira, Magdalena, Sucre, Cauca, Chocó, Nariño y Valle del Cauca por medio de la Encuesta Nacional de Calidad de Vida para los años 2012 y 2016.
- Calcular el porcentaje de aprovechamiento de residuos sólidos y de cobertura del Servicio Público de Aseo por departamento para los años 2012 y 2016.
- Formular recomendaciones de lineamientos de intervención para las políticas públicas del servicio público de aseo mediante la optimización de la cobertura a nivel departamental.

METODOLOGIA

La metodología utilizada para el desarrollo del proyecto se basa en un enfoque mixto ya que el estudio se puede presentar de manera cuantitativa y cualitativa. El tipo de estudio ejecuta de manera experimental utilizando una selección probabilística de aleatoriedad simple ya que el procedimiento es netamente probabilístico donde los símbolos numéricos que se utilizan para la exposición de los datos provienen de un cálculo o medición. Donde se pueden medir las diferentes unidades, elementos o categorías identificables. (Deoblod & Meyer, 2006). La función más relevante que se cumple en la investigación corresponde a estudios de estrategia descriptiva, donde ésta se considera una estrategia de primer nivel ya que se busca asociar variables para desarrollar estudios analíticos.

Diagnóstico

La información para el desarrollo de esta investigación se centró en los reportes arrojados por el Departamento Administrativo Nacional de estadística (DANE), desde la base de datos de la Encuesta Nacional de Calidad de Vida (ENCV) para los años 2012 y 2016. Desde el año 2012 el DANE realiza esta encuesta años tras año con las mismas variables, por lo tanto, se tuvieron en cuenta dos archivos de datos que se generan en las encuestas. El primero de ellos es el de Datos de vivienda de donde se tomaron 6 variables, como lo son: Clase de vivienda, Región, Departamento, Estrato socioeconómico, Recolección de basura, y número de veces por semana que se presta el servicio. Por otro lado, se encuentran los datos del Servicio del hogar donde extrajeron 8 variables como lo son: Como eliminan las basuras, Clasificación de residuos, Desperdicios de alimentos y desechos orgánicos segregados, Vidrio, Papel y cartón, Plástico, Pilas y baterías, Envases metálicos o aluminio igualmente segregados.

Al compilar los datos ya procesados se realizó una comparación de los dos años de la ejecución de las encuestas con el fin de evaluar el comportamiento de la variación de la cobertura durante el periodo 2012 – 2016 para la zona urbana y rural.

Evaluación

A continuación se presentan los análisis de cobertura, aprovechamiento y reciclaje de residuos sólidos para los 16 departamentos:

- **Gráfica general**

Se seleccionó la clase de vivienda la cual está dividida en la zona urbana y la zona rural, posteriormente se seleccionó la región, el departamento, y el estrato a estudiar. Al conocer estas variables se procedió a evaluar si se recogen los residuos sólidos en las viviendas, cuantas veces por semana los recolectan y cómo eliminan los residuos sólidos.

- **Clasificación de los residuos en general**

Para las viviendas que clasifican los residuos se procede a realizar la separación de lo orgánico y lo inorgánico, y así conocer los tipos de residuos para cada uno.

Formulación

Se tomó como guía las gráficas realizadas anteriormente donde se comparan los resultados que se obtuvieron dando un análisis del Servicio Público de Aseo que se presta en las diferentes poblaciones evidenciada en la ENCV de los años estudiados; y así realizar las recomendaciones adecuadas hacia un fortalecimiento adecuado en la cobertura del servicio público que se está prestando en los departamentos estudiados correspondientes a la Región del Caribe y la Región del Pacífico de Colombia y a su vez las debilidades o falencias encontradas en el lapso de un periodo de cuatro años (2012 – 2016) que están causando un déficit

en el servicio y generando grandes impactos que pueden verse reflejados en la salubridad que tienen las familias encuestadas más específicamente en las zonas donde no se presta el servicio.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En las siguientes graficas se van apreciar los resultados obtenidos en la ENCV de los años 2012 y 2016, para la Región Caribe y la Región Pacífica de Colombia; y así dar a conocer la eficiencia prestada por las empresas de servicios públicos de aseo de las diferentes regiones.

La información presentada corresponde a una categorización para poder llegar a los resultados finales de la ENCV de los años mencionados para cada uno de los departamentos estudiados y poderlos comparar. Los resultados de la investigación se presentan de la siguiente manera.

1. Clase de vivienda, siendo unificada por la zona urbana y rural.
2. Selección de la región a estudiar.
3. Se selecciona el estrato socioeconómico en el cual se encuentran las viviendas.
4. Se pregunta en las viviendas si tienen la prestación del Servicio Público de Aseo.
5. Se pregunta si en estas viviendas encuestadas también se realiza la debida clasificación de los residuos sólidos generados.

En las Figuras 1, 2, 3 y 4, se aprecia el resultado de la unión de los departamentos de la Región Caribe siendo: 8. Atlántico, 13. Bolívar, 20. Cesar, 23. Córdoba, 44. La Guajira, 47. Magdalena, 70. Sucre. Mientras que en las Figuras 5, 6, 7 y 8 se van apreciar los resultados uniando los departamentos de la Región Pacífica siendo: 19. Cauca, 27. Choco, 52. Nariño, 76. Valle del Cauca. Para obtener los valores se debe tener en cuenta que; (1) de color azul significa SI, y (2) de color naranja significa NO, para cada una de las preguntas.

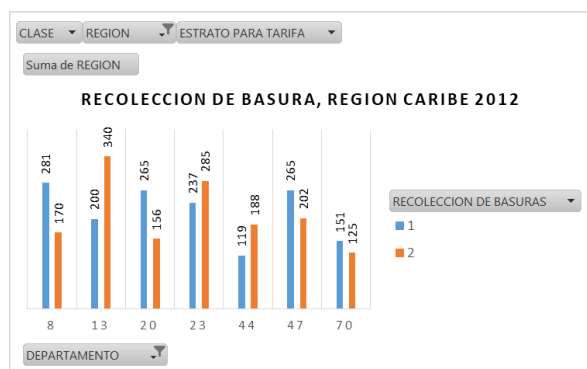


Figura 1. Recolección de basura, Región Caribe 2012. Fuente: Autores.

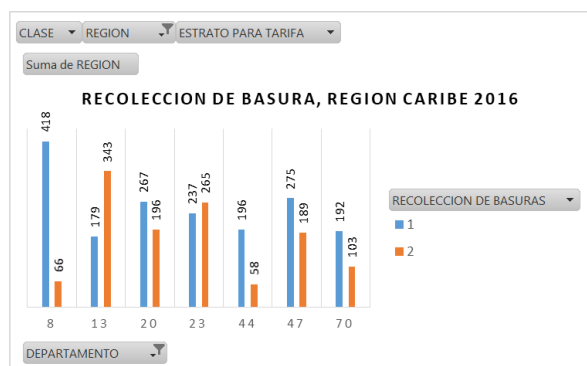


Figura 2. Recolección de basura, Región Caribe 2016. Fuente: Autores.

En la Figura 1. Recolección de basura, Región Caribe 2012. Y en la Figura 2. Recolección de basura, Región Caribe 2016. Se reportan los resultados para la cobertura del servicio de aseo para los hogares encuestados en la Región Caribe en los años 2012 y 2016.

En el Atlántico se presentaron resultados donde el 62.30% y el 86.36% respectivamente de la prestación del servicio público de aseo en los hogares reportaron un aumento de la cobertura en el periodo 2012 – 2016 del 24.06%.

Para el departamento de Bolívar se reportan coberturas del 37.03% para el año 2012 y el 34.29% para el año 2016 en la actividad de recolección de residuos sólidos, siendo este un porcentaje bajo con respecto al crecimiento poblacional, ya que para el año 2012 habían 38 viviendas más que en el 2016; esta disminución de la población pudo ocurrir por factores sociales como, educación, empleo, salud, y conflicto armado, los cuales permiten que el desarrollo de las comunidades no aumenten si no disminuyan al pasar de los años. Al tener pocas viviendas, se presenta una disminución en la contratación de las empresas públicas de servicio de aseo, llevando así a un decaimiento en la prestación del servicio público de aseo que se le puede prestar a las viviendas.

Ahora bien, en el departamento de Cesar se tienen valores para el año 2012 del 62.94% y para el 2016 del 57.66%, donde se tiene una cobertura en el servicio de recolección de residuos; pero se presenta una diferencia negativa del 5.28% esto debido al crecimiento de la población flotante en el transcurso de estos cuatro años de estudio.

Para el departamento de Córdoba donde se tienen valores del 45.40% y el 47.21% para los años 2012 y 2016 respectivamente, cuentan con el servicio de recolección de residuos. En este departamento se evidencio una disminución de 20 viviendas comparando un año al otro, causando así un efecto contrario y por ende una mejora la prestación del servicio público de aseo en los hogares. Esta disminución de la población se pudo presentar porque existió en el transcurso de estos cuatro años una baja considerable de viviendas que existían en la zona, debido a desplazamientos generados por el conflicto armado existentes en este tiempo. (Centro de Investigación y Educación Popular, 2016)

El departamento de La Guajira se presentaron valores de 38.76% para el año 2012 y del 77.16% para el año 2016 respectivamente evidenciando un aumento en la cobertura del servicio del 38.4%.

El departamento de Magdalena tiene valores de 56.74% y del 59.26% para los años evaluados del 2012 y 2016, estos resultados nos indican el porcentaje que tiene la prestación del servicio de recolección en los hogares, y donde se demuestra que la prestación del servicio ha aumentado de forma considerable, acorde a la reglamentación vigente.

Por último en la región Caribe, se tiene el departamento de Sucre donde se presentaron los valores para cada año de 54.71% y de 65.08% donde se presta la prestación del servicio público de aseo domiciliario aumentando la cobertura en este periodo de tiempo en un 10.37%.

De esta manera se puede apreciar de manera comparativa que la Región Caribe se encuentra perjudicada pero a pesar de ello ha mejorado al pasar de los años, ya que para el departamento del Atlántico en el año 2012 solo el 9.41% de los habitantes si tenían la prestación del servicio, mientras que para el mismo departamento pero en el año 2016 se presentó un aumento a 14% siendo este el porcentaje más alto en comparación con los otros seis departamentos. Mientras que el departamento de Bolívar presenta que para el año 2012 la prestación del servicio estaba para el 8.88% de habitantes, y para el 2016 se presentaba una disminución del 5.99%, desmejorando en la prestación del servicio en los 2.894 hogares encuestados en toda la región.

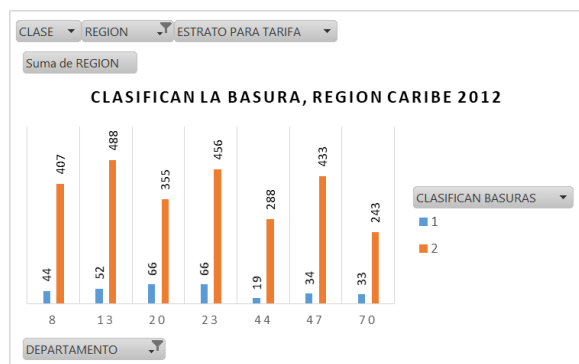


Figura 3. Clasifican la basura, Región Caribe 2012. Fuente: Autores.

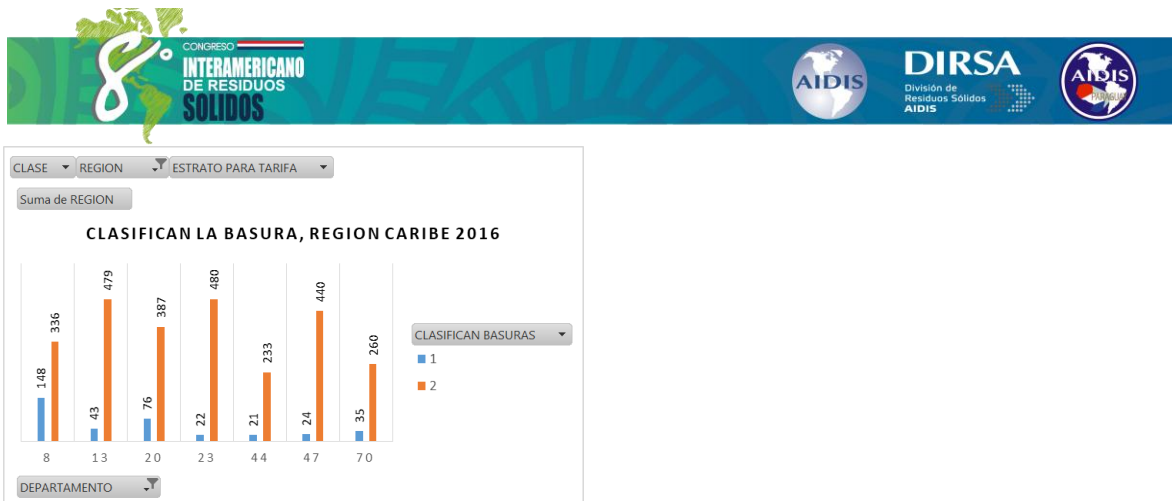


Figura 4. Clasifican la basura, Región Caribe 2016. Fuente: Autores.

En la Figura 3. Clasifican la basura, Región Caribe 2012. Y en la Figura 4. Clasifican la basura, Región Caribe 2016. Se presentan los resultados obtenidos para saber si se clasifican o no los residuos sólidos aprovechables en los hogares de la Región Caribe del año 2012 y 2016.

En el Atlántico se presentaron resultados del 9.76% y del 30.57% respectivamente, los cuales clasifican los residuos sólidos aprovechables en sus hogares, teniendo una mejora en el conocimiento y la importancia que se puede tener al separar los residuos. Pero aun así, se manejan porcentajes bajos para la cantidad de habitantes ya que sigue estando por debajo del 50%.

También en el departamento del Bolívar, se presentaron resultados donde el 9.62% y el 8.23% respectivamente que se encargan de clasificar los residuos sólidos en sus hogares, teniendo de esta manera una diferencia negativamente, es decir, la cultura de clasificación de residuos no ha sido inculcada en el transcurso del tiempo en este departamento, y es un departamento crítico pues a la hora de evaluar los impactos ambientales que se pueden presentar en esta región tiene un alto riesgo para las diferentes comunidades.

Para el departamento del Cesar, se tiene que el 15.67% para el año 2012 y el 16.41% para el año 2016, clasifican sus residuos sólidos aprovechables en sus hogares, teniendo así una leve mejora en la educación ambiental que se le está prestando a las familias, comprándolo con los departamentos anteriormente mencionados, pero a pesar de esta mejora sigue siendo inferior a lo ideal por departamento, pues aun así hay un déficit en el conocimiento de la afectación ambiental a largo plazo para los habitantes de esta región.

En el departamento de Córdoba se tienen resultados donde el 12.64% y el 4.38% los cuales se encargan de clasificar los residuos sólidos aprovechables, siendo este el departamento más perjudicado y donde más afectación al medio ambiente se tiene ya que no cuenta con un conocimiento efectivo y se presenta una baja considerable a través de los años; la problemática gubernamental no ayuda al avance y desarrollo de pautas colectivas y ambientales para la disminución del volumen de residuos que son desechados sin algún control y están dejando a un lado la importancia que tiene la generación de los residuos sólidos aprovechables en los hogares.

La Guajira presento datos donde, para el año 2012 el 6.18% y para el año 2016 el 8.26% de las viviendas si realizan la recolección de residuos, pero para este departamento específicamente, el aumento de aprovechamiento es inversamente proporcional a la disminución de hogares encuestados, lo que lleva a concluir que no se ha avanzado en la clasificación de residuos, puesto que se habla de un ponderado porcentual, lo que no muestra claramente el estancamiento en las normas que deben estimular este procedimiento en los hogares del departamento.

Para el Magdalena se tiene que, el 7.28% del año 2012 y el 5.17% del año 2016 de la población si aprovecha los residuos sólidos que se generan en sus hogares, pero presentando así un deterioro en la calidad del servicio y de la educación ambiental que se está prestando en los hogares ya que muchos de ellos dejaron de aprovechar sus residuos afectando los ecosistemas y las diferentes comunidades, que realizan otra clase de actividad con todos los residuos generados, teniendo un porcentaje menor del 10%, tenemos un rendimiento muy bajo en las acciones de separación y aprovechamiento.

Por último, el departamento de Sucre donde se presentaron valores del 11.95% y del 11.86% respectivamente presentando un decaimiento leve en el aprovechamiento de los residuos sólidos generados en la población, esto debido al crecimiento poblacional que fue aumentando año tras año, y donde se puede concluir que existe un bajo interés en el apoyo ambiental de partes de las organizaciones gubernamentales.

En forma general, en la Región del Caribe, visualizamos que no ha sido fomentada la cultura de separación y clasificación de residuos aprovechables y no aprovechables, evidenciando resultados inferiores al 20% de aprovechamiento, para su completa

disposición y oportuna intervención, siendo Cesar y Córdoba los departamentos que más alto tiene el nivel a la hora de no realizar la debida separación en la fuente de sus residuos generados.

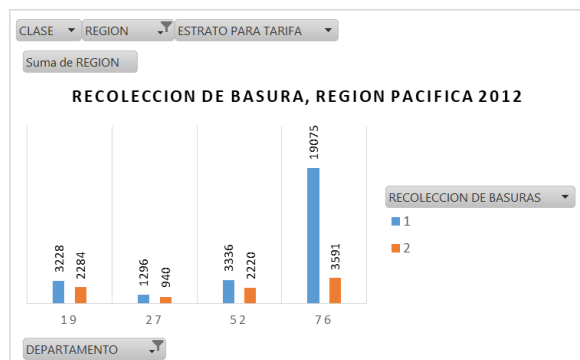


Figura 5. Recolección de basura, Región Pacífica 2012. Fuente: Autores.

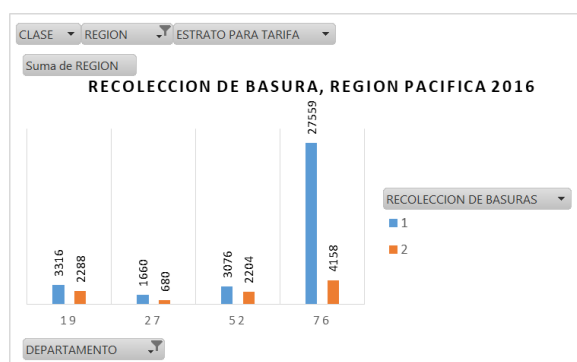


Figura 6. Recolección de basura, Región Pacífica 2016. Fuente: Autores.

En la Figura 5. Recolección de basura, Región Pacífica 2012. Y en la Figura 6. Recolección de basura, Región Pacífica 2016. Se presentan los resultados para saber si a los hogares encuestados se les presta el servicio de recolección de basuras en la Región Pacífica en los años 2012 y 2016.

En el Departamento del Cauca, se identifica que para el año 2012 el 58,56% y para el año 2016 el 59,17%, teniendo un aumento del 0,61%, lo cual indica que el servicio de recolección de residuos domiciliarios logró aumentar su cobertura.

Para el Chocó, se presentaron resultados donde en el año 2012 el 57,98% y en el año 2016 el 70,94%, se reportó un aumento en la cobertura del servicio para el último año estudiado sobre el territorio, teniendo en cuenta la población rural y urbana con un 12,96% de mejora.

En el departamento de Nariño, el 60,04% correspondiente al año del 2012 y el 58,25% para el año 2016, se ha generado una disminución en cuanto al número de hogares que consta del servicio domiciliario, lo que puede inferir directamente en el uso de los residuos aprovechable y no aprovechables, desmejorando el servicio en un 1,79%.

Para culminar con la Región Pacífica respecto a la cobertura del servicio, se obtuvo que para el Valle del Cauca el 84,16% y el 86,89% para los años 2012 y 2016 respectivamente, presento un aumentó de 2,73% en la cobertura del servicio de aseo, siendo este el departamento con más habitantes.

Es así que se logra observar de manera comparativa que la Región Pacífica se ha visto directamente afectada ya que el 36,96% de las 35.950 familias encuestadas en tres de los cuatro departamentos tienen la prestación del servicio de recolección como sucede en el Cauca, Chocó y Nariño, mientras que el Valle del Cauca para el año 2012 tiene un 63,04% de prestación. A través de los años se observa que se ha mejorado parcialmente esta problemática sin importar que el crecimiento de la población haya aumentado a 44.941 familias, ya que para el departamento del Valle del Cauca en el año 2016 se presentan aumentos hasta el 70,57% de las familias encuestadas que cuentan con el servicio de recolección, mientras que en los departamentos restantes han disminuido al 29,43%.

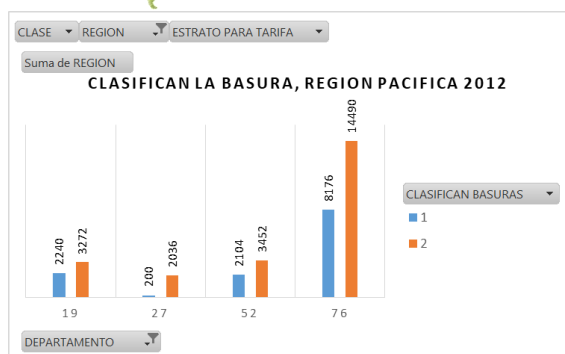


Figura 7. Clasifican la basura, Región Pacífica 2012. Fuente: Autores.

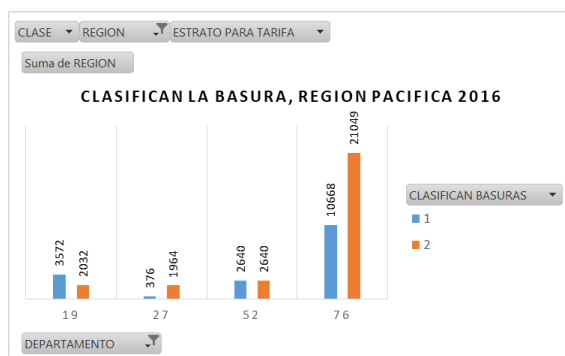


Figura 8. Clasifican la basura, Región Pacífica 2016. Fuente: Autores.

En la Figura 7. Clasifican la basura, Región Pacífica 2012. Y en la Figura 8. Clasifican la basura, Región Pacífica 2016. Se exponen los resultados para conocer si en los hogares donde se realiza la clasificación de los residuos, también se realiza una clasificación de los residuos para los años 2012 y 2016 en la Región Pacífica.

Para el departamento del Cauca, se presentó que el 40.63% y el 63.74% para cada uno de los años estudiados, donde se realiza la clasificación de los residuos domiciliarios aprovechables teniendo un aumento considerable en la población que se encarga de clasificarlos, llegando a más del 50% en el año 2016.

En el Chocó, se tiene que el 8.94% y el 16.06% respectivamente, si realizan la clasificación de los residuos, este departamento presenta el porcentaje de aprovechamiento más bajo en cuanto a la región Pacífica; llegando de este modo a una problemática social, la cual no ha presentado una mejora apropiada por falta de decisiones políticas y grupos especializados en la parte social y ambiental.

En el Nariño, se encuentra que el 37.86% y 50% para los años 2012 y 2016, presenta aumento en el porcentaje de total de aprovechamiento los residuos sólidos, teniendo así una leve mejora en la implementación de políticas ambientales que, sin duda, mejora de esta manera la calidad de vida de las personas.

Por último se tiene que el departamento del Valle del Cauca para el año 2012 el 36.07% y para el año 2016 el 33.63%, presento una disminución, definido por el crecimiento poblacional que se presentó en el transcurso de estos años y por ende no se realiza la clasificación de residuos esperada; pero con un manejo apropiado de nuevas políticas ambientales el porcentaje aumentará de manera considerable y ayudara con la disminución de problemáticas ambientales y afectación a los ecosistemas.

Finalmente, se logra evidenciar que la Región Pacífica sigue estando afectada al igual que la Región Caribe por falta de cultura para realizar la debida separación y clasificación en la fuente de los residuos generados que son aprovechables, teniendo así porcentajes negativos de 64.67% para el año 2012 en todos los departamentos, siendo muy pocas las familias las cuales realizan la debida separación. En el año 2016 se logró obtener una disminución en la cantidad de familias que no realizaban la separación frente al año 2012, bajando así el porcentaje al 61.67%.

CONCLUSIONES

Para la Región del Caribe, es considerable tomar acciones pertinentes para la valoración de los residuos aprovechables, siendo así, una disminución de residuos arrojados a los rellenos y/o botaderos de basura, dejando de sobrecargar el suelo y mejorando la calidad de vida de los habitantes cercanos a éstos, se deben tomar iniciativas políticas que definan el funcionamiento de rutas selectivas en la región.

Para la Región del Pacífico, se deben comenzar a tomar medidas ya que el crecimiento de la población que se está presentando en los departamentos es considerable y por ende aumenta la tasa de generación de residuos sólidos aprovechables en sus hogares, muchas de estas familias no tienen el conocimiento para realizar la debida separación, disminuyendo así la tasa de aprovechamiento de los residuos generados. Es de vital importancia que se tomen las medidas pertinentes y que las empresas de servicios públicos de aseo de cada uno de los departamentos tomen medidas y busquen la manera de expresar el mensaje a las comunidades más que todo rurales para que aprendan del uso adecuado de los residuos aprovechables y qué hacer con los no aprovechables.

Se debe incorporar el componente de aseo en los planes ambientales como los PGIRS municipales enfocados a los prestadores del servicio de aseo domiciliario para lograr la implementación total de rutas de aseo de residuos sólidos y rutas selectivas, lo cual ayudará en la disminución del volumen de residuos a botaderos lo cual mitigaría el problema ambiental de suelos erosionados.

Se recomienda hacer un grupo de trabajo encargado de la autoridad ambiental; planificación y ordenamiento ambiental territorial y sectorial que preste asistencia en la fomentación de un plan de clasificación de residuos.

Se deberá definir indicadores de gestión para medir la eficiencia y eficacia del servicio de aseo y así mismo definir fechas de controles anuales sobre la disposición de residuos por cada departamento, para constatar la cobertura de los servicios implementados.

Se deben buscar programas de socialización de normativas y guías existentes y elaboradas para el cumplimiento con las poblaciones más vulnerables y con alta capacidad de disposición residuos sólidos domiciliarios.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

André, F.J (2016). Gestión de Residuos Sólidos Urbanos. *Revistast ICE*.

(ii) Centro de Investigación y Educación Popular, Programa por la Paz. (2016). Tierra y territorio en el departamento de Córdoba en el escenario del posconflicto.

(ii) Deoblod, V.D., & Meyer, W. (2006). Estrategia de la investigación descriptiva.

GESTIÓN DE LOS RESIDUOS BIOLÓGICOS PELIGROSOS GENERADOS EN UNA UNIVERSIDAD DEL NORESTE DE MÉXICO.

ALDO ISAAC RAMIREZ CASTILLO, SOTO REGALADO EDUARDO, CARRILLO IBARRA CARMEN, RAMÍREZ LARA EVANGELINA, LÓPEZ CHUKEN ULRICO, CANTÚ CÁRDENAS MA. ELENA

¹ Departamento de Medio Ambiente y Seguridad, Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Autónoma de Nuevo León, Av. Pedro de Alba s/n, Cd. Universitaria, C.P. 66455, San Nicolás de los Garza N.L., México.

² Secretaría de Investigación, Innovación y Sustentabilidad, Universidad Autónoma de Nuevo León, Av. Manuel L. Barragán 4904, CP 64290, Monterrey, N.L., México

³ Departamento de Biotecnología, Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Autónoma de Nuevo León, Av. Pedro de Alba s/n, Cd. Universitaria, C.P. 66455, San Nicolás de los Garza N.L., México.

e-mail correspondencia: aldo14castillo@gmail.com, medioambientefcq@gmail.com

Palabras clave: *generación, gestión, manejo, programa ambiental, residuo peligroso biológico infeccioso.*

Abstract

Currently the environmental requirements in relation to the management and management of Infectious Biological Hazardous Waste (RPBI's by its initials in Spanish), represents an important issue worldwide, given the health and environmental hazards that can generate this type of waste at the moment of not being properly managed.

Given the inherent risks posed by this type of waste, the Facultad de Ciencias Químicas, a University located in northeastern Mexico, designed and integrated a program for RPBI's considered in the Standard NOM-087-SEMARNAT-SSA1-2002, as well as what is contemplated in the Ley General para la Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR, 2015) and its regulations (RLGPGIR, 2015).

A retrospective analysis was carried out considering the type and quantity of RPBI's generated in 2017 and 2018 in the FCU of the UANL, with which it was intended to analyze the degree of management of this type of waste, as well as to obtain the amount per capita generated in the Higher Education Institution (HEI) represented in $\text{kg p}^{-1} \text{a}^{-1}$.

In this way, an average annual amount of RPBI's was determined in the period analyzed was 2,790 kg, calculating a per capita generation of $0.5735 \text{ kg p}^{-1} \text{a}^{-1}$.

Introducción

La Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR) ha sido actualizada en su versión 2015 e incluye dentro de su definición de residuo peligro a los biológicos (RPBI's) como aquellos que contengan agentes infecciosos que les confieran peligrosidad. Esta ley es considerada un instrumento fundamental para el fortalecimiento de las capacidades de gestión ambiental de los residuos generados dentro del territorio nacional.

En México, la NOM-087-SEMARNAT-SSA1-2002, plantea criterios en cuanto a la identificación y clasificación de los RPBI's, teniendo como objetivo principal la protección a la salud y al ambiente. Ésta NOM definió a los RPBI's como aquellos materiales generados durante los servicios de atención médica que contengan agentes biológico-infecciosos y, que puedan causar efectos nocivos a la salud y al ambiente. Dicha definición tiene importante similitud con lo establecido en la Acta de 1988 para el rastreo de residuos médicos, contemplada por la Agencia de Protección al Ambiente de los Estados Unidos de América (USEPA, 2016).

A nivel mundial, la variabilidad en cuanto a la definición y rango de clasificaciones ha sido reportados en la literatura e inclusive algunas veces no es claro si los residuos médicos (de tipo doméstico) que se reportan en los índices de generación total son peligrosos (Komilis et al. 2012). Ante esta situación resulta importante definir claramente que tipo de residuos serán considerados como de tipo biológico infecciosos. Su propia definición puede variar de manera significativa en base a los criterios normativos de cada nación, por ejemplo en la Unión Europea (EEC, 2014), los define como los derivados de atención a la salud o investigación de humanos y animales, la Organización Mundial de la Salud (OMS), los considera como aquellos residuos

generados por actividades médico asistenciales que pueden incluir un amplio rango de materiales, tales como agujas y jeringas, vendajes sucios, partes del cuerpo, muestras de diagnóstico, sangre, productos químicos, productos farmacéuticos, dispositivos médicos y materiales radiactivos. En base a esto se puede concluir que la definición resulta variable a nivel mundial (Ananth et al. 2010), más aún, los requerimientos de gestión son estrictamente necesarios.

La generación de RPBI's, no sólo puede atribuirse al sector industrial o domestico sino también a las Instituciones de Educación Superior (IES), situación que obliga a observar los requerimientos normativos que esto involucra, dado que en México la responsabilidad legal por el manejo integral y la gestión de RP corresponde a quien los genera y, podría tener implicaciones legales si sus preceptos no se cumplen (LFRA, 2013), razón por la cual, la implementación de programas ambientales relacionados a la gestión de los RP, incluyendo a los RPBI's resulta importante en toda institución, incluyendo a las de giro educativo (Ramírez et al., 2017).

Si bien, a lo largo del tiempo se ha considerado como una de las razones que han impedido el compromiso con la sostenibilidad en las IES a la falta de políticas para promover la sostenibilidad en las universidades (Bottery, 2011; Hancock and Nuttman, 2014) y se considera que sin políticas de sostenibilidad, es complicado motivar a los miembros de las universidades a participar en iniciativas de desarrollo sostenible en la educación superior (Lee et al., 2013).

Aunque se ha comenzado a desarrollar actividades que faciliten el logro de la sostenibilidad en las IES, como lo considerado por Gallardo et al. (2016) en su estudio, en donde estipula que los residuos de características biológicas son incluidos dentro del programa ambiental diseñado y aplicado en la Universidad de Jaime I (UJI) en la ciudad de Castellón de la Plana, España.

Ante el enorme compromiso y responsabilidad por parte de las instituciones en relación cuidado de la salud y el medio ambiente y, en cumplimiento con el marco jurídico y las autoridades en materia ambiental, la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Autonoma de Nuevo León (FCQ-UANL) diseño e implemento un programa ambiental para los residuos generados en los laboratorios, siendo este actualizado a través de la observación, preceptos y requerimientos contemplados en las leyes y normas antes mencionadas. Incluyendo así dentro de su programa ambiental el manejo y gestión integral de los RPBI's, promoviendo de esta manera el cuidado al medio ambiente y creando una conciencia en la población estudiantil y docente de esta Institución de Educación Superior (IES).

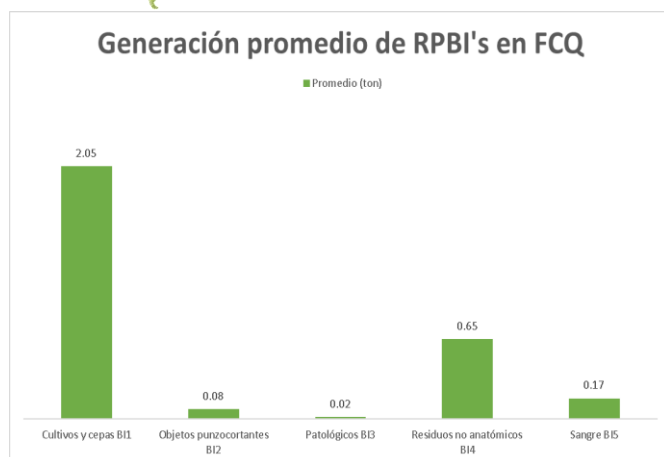
Metodología

El presente proyecto está conformado por un análisis retrospectivo del tipo y cantidad de RPBI's generados en la FCQ-UANL en los años 2017 y 2018. Los datos de la cantidades y áreas generadoras fueron proporcionados por la administración directiva de la IES.

Los RPBI's contemplados fueron todos los incluidos en la normatividad mexicana aplicable (NOM-087-SEMARNAT-SSA1-2002) y que fueron reportados por parte de la FCQ-UANL ante la Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), que es la dependencia federal que se encarga de regular la gestión en materia de residuos peligrosos en México.

Resultados y Discusiones

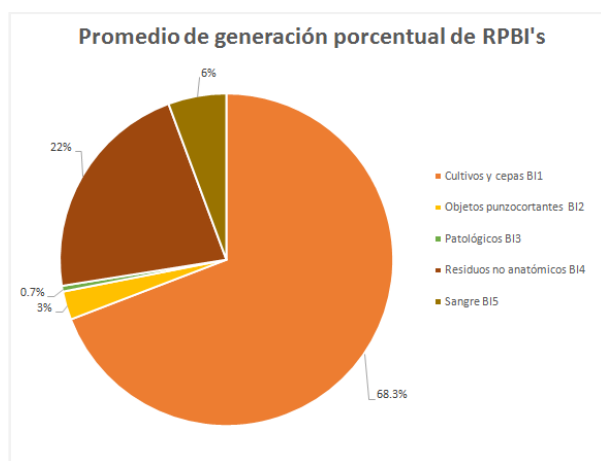
En la figura 1 se muestra la generación promedio en toneladas de cada uno de los tipos de RPBI's, para el periodo analizado, en dónde se observa el siguiente comportamiento: Cultivos y cepas > No anatómico > Sangre > Punzocortantes > Patológicos.



En la figura 2 se muestra la composición porcentual de la generación anual promedio, siendo los cultivos y cepas el tipo de RPBI's con una mayor generación, representando un 68.3% de generación, seguido de No anatómico con un 22%, posteriormente Sangre con un 6%, Punzocortantes con un 3% y, finalmente los Patológicos con un 0.7%.

Los datos condensados y posteriormente interpretados fueron recabados de los 15 laboratorios a los cuales se le brinda el servicio de recolección por parte del Departamento de Medio Ambiente y Seguridad (DMAyS) de la FCQ-UANL, logrando obtener un promedio de generación anual de 0.186 toneladas por laboratorio.

Es importante mencionar que este tipo de laboratorios brindan servicios de tipo académico, investigación y de servicio externo, es decir que se atiende desde el sector industrial hasta el público en general, dado que estos últimos cuentan con diferentes acreditaciones en materia de aguas, residuos, análisis clínicos, microbiológicos, análisis ambientales y de alimentos.



Los residuos considerados en el estudio, son provenientes de las prácticas que se realizan en los laboratorios académicos de enseñanza como microbiología y diagnóstico clínico, farmacobiología, biotecnología y genómica, así como en los de servicio externo a la comunidad y empresas del sector industrial como microbiología y alimentos, análisis clínicos y microbiología medica. La variación en las cantidades generadas se debe a la demanda de servicios solicitados, en la modificación de los manuales de prácticas, concientización en cuanto a la disminución en las cantidades de reactivos y materiales a utilizar, además de la matrícula de alumnos durante los periodos académicos semestrales. En la tabla 1 se muestran los valores individuales de generación por año para cada uno de los diferentes RPBI's.

Categoría de RPBI	2017 (ton)	2018 (ton)	Promedio (ton)	DS
Cultivos y cepas BI1	2.18	2.12	2.05	0.18
Objetos punzocortantes BI2	0.08	0.08	0.08	0.01
Patológicos BI3	0.01	0.02	0.02	0.003
Residuos no anatómicos BI4	0.62	0.62	0.65	0.05
Sangre BI5	0.12	0.17	0.17	0.04
TOTAL	2.89	2.84	2.79	0.24

Conclusiones

Se pudo concluir que la generación de los RPBI's ha presentado un comportamiento de muy similar entre los años analizados. Lo anterior resulta positivo dado que la cantidad de alumnos inscritos por año va a la alza, resultando así importante destacar la modificación a los planes de estudio, uso racional de materiales y concientización, en donde se fomenta la prevención de la generación de todo tipo de residuos.

Se presenta una ligera disminución de 0.05 toneladas respecto al año 2017 al 2018, lo cual podría atribuirse al uso moderado de materiales y medios de cultivo, dado que la carga de servicios externos a la comunidad y empresas del sector industrial ha sido continua durante ambos años.

De igual manera se determinó la generación per cápita por alumnos, en donde se consideró la matrícula actual que es de 4865, la cantidad promedio generada de RPBI's en el periodo de análisis es de 2,790 kg, con lo cual se puede calcular una generación per cápita de $0.5735 \text{ kg p}^{-1} \text{ a}^{-1}$.

La FCQ-UANL al tener implementado este tipo de programa ambiental, logra estar acorde a los estatutos normativos ambientales vigentes en México. Dado lo anterior, ha sido distinguida en 4 periodos consecutivos con el certificado de calidad ambiental derivado del Programa Nacional de Auditorías Ambientales (PNAA) que es administrado por la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA), siendo la única dependencia con un enfoque académico en el área de las ciencias químicas, que sustenta de manera continua este tipo de reconocimiento a nivel nacional. Lo anterior pone de manifiesto que las IES, además de contribuir en la formación de nuevas generaciones con una nueva visión hacia el cuidado del medio ambiente, contribuyen al desarrollo sostenible de sus países al implementar este tipo de acciones dentro de su estructura académica y organizacional.

Referencias

- Ananth, A.P., Prashanthini, V., Visvanathan, C., 2010. Health care waste management in Asia. *Waste Manag.* 30, 154–161.
- Bottery, M., 2011. Refocusing educational leadership in an age of overshoot: embracing an education for sustainable development. *Int. Stud. Educ. Adm.* 39 (2), 3e13.
- European Waste Catalogue, 2001. Decision of the European Commission 2001/118/EC, 16th of January.
- Gallardo, A., Carlos, M., & Renau, M. (2016). The determination of waste generation and composition as an essential tool to improve the waste management plan of a university. *Waste Management*, 53, 3–11. <http://doi.org/10.1016/j.wasman.2016.04.013>
- Hancock, L., Nuttman, S., 2014. Engaging higher education institutions in the Challenge of sustainability: sustainable transport as a catalyst for action. *J. Clean. Prod.* 62 (1), 62e71.
- Komilis, D., Fouki, A., & Papadopoulos, D. (2012). Hazardous medical waste generation rates of different categories of health-care facilities. *Waste Management*, 32(7), 1434–1441. <http://doi.org/10.1016/j.wasman.2012.02.015>
- Lee, K., Barker, M., Mouasher, A., 2013. Is it even espoused? An exploratory study of commitment to sustainability as evidenced in vision, mission, and graduate attribute statements in Australian universities. *J. Clean. Prod.* 48 (10), 20e28.
- LFRA, 2013. Ley Federal de Responsabilidad Ambiental. Diario Oficial de la Federación, México.
- LGEEPA, 2015. Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente. Diario Oficial de la Federación, México.
- LGPGIR, 2015. Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos. Diario Oficial de la Federación, México.
- Ramírez Lara, E., De la Rosa, J. R., Ramírez Castillo, A. I., Cerino-Córdova, F. de J., López Chuken, U. J., Fernández Delgadillo, S. S., & Rivas-García, P. (2016). A comprehensive hazardous waste management program in a Chemistry School at a Mexican university. *Journal of Cleaner Production*, 142, 1486–1491. <http://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.11.158>
- RLGPGIR, 2014. Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos. Diario Oficial de la Federación, México.
- "Protección ambiental - Salud ambiental - Residuos peligrosos biológico-infecciosos - Clasificación y especificaciones de manejo". Norma Oficial Mexicana NOM-087-SEMARNAT-SSA1-2002. Diario Oficial de la Federación, Enero 20, 2003.
- "Que establece las características, el procedimiento de identificación, clasificación y los listados de los residuos peligrosos.". Norma Oficial Mexicana NOM-052-SEMARNAT-2005". Diario Oficial de la Federación, Junio 23, 2006.

MANEJO DE ESCOMBROS PROVOCADOS POR EL TERREMOTO DE PEDERNALES- ECUADOR DEL 16 DE ABRIL 2016

GIOVANNI JAVIER GAVILANEZ MUÑOZ, Consultor independiente, javi_gm13@outlook.com,
win_gol6@hotmail.com

ALBÁN SORIA GALO FERNANDO, Universidad Central del Ecuador, gfalbansoria@hotmail.com,
gfalban@uce.edu.ec

Abstract

When a natural disaster occurs, such as an earthquake, the basic sanitation services are affected, particularly solid waste management. Municipalities or competent authorities, must provide the normal service and in addition manage other type of waste such as debris from damaged buildings, demolition debris, soil and wood sediments, etc. In recent years these scenarios have taken place in countries located on the shores of the Pacific Ocean, one of these is Ecuador, which in 2016 faced an 7.8 (Richter scale) earthquake. The main disaster area was the city of Pedernales in the Province of Manabí. Through this work authors present an analysis of how the debris were managed after the earthquake and also seek to establish guidelines for the location of emergency dumps in order to minimize environmental impacts.

Palabras clave: Terremoto, escombros.

1. INTRODUCCIÓN

Según la Organización Panamericana de la Salud (OPS) (2003), en la serie Salud Ambiental y Desastres No.1, menciona “La gravedad de los desastres naturales difiere de acuerdo con sus características. La mayoría de desastres naturales genera escombros en cantidades que superan la capacidad de los sistemas operativos de manejo de residuos sólidos” (p. 27).

El manejo de los escombros según la OPS define a “las acciones para el manejo integral de los escombros por remover. Debe considerarse siempre la posibilidad de encontrar restos humanos. Las dos tareas más importantes que se deben realizar como parte del manejo integral de los escombros son el aprovechamiento de los materiales valorizables que se encuentran en ellos y la definición de escombreras” (p.28).

El terremoto de Pedernales (Ecuador – provincia de Manabí), se produjo aproximadamente a las 18:58 tiempo local, un terremoto con una magnitud de 7.8 (escala Richter) causando serios daños en infraestructura y la pérdida de vidas humanas en las ciudades y pueblos ubicados en la costa norte. El epicentro se registró a unos 27 km de Muisne en la costa noroeste. Los daños han sido reportados en las provincias de Esmeraldas, Santo Domingo, Manabí, Guayas, Los Ríos, Santa Elena; la zona de desastre es la ciudad de Pedernales (provincia de Manabí). (Informe especial No. 13 del Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional). En la ciudad de Pedernales las construcciones afectadas por el terremoto y que deben ser demolidas son aproximadamente 2 500.



Figura No.1. Expansión de onda sísmica terremoto Pedernales 16 abril 2016

La ciudad de Pedernales fue la más afectada por el terremoto, El Comercio (2016-04-21), según el alcalde Gabriel Robles, “la limpieza de escombros es prioridad, 100 máquinas trabajan en la limpieza de los escombros. Las escenas de camiones que transportan restos de paredes, piedras y hierros retorcidos son recurrentes en las vías que conducen a la ciudad de Pedernales” la remoción de escombros con

maquinaria se realiza después de transcurridas 72 horas del desastre, según establecen los protocolos en caso de terremotos.



Fotografía No. 1. Vista panorámica de la ciudad de Pedernales destruida por el terremoto

Fuente: <https://www.elcomercio.com/> Enrique Pesantes

Según el Ministerio del Ambiente de Ecuador (2016-05-13) “Se ha estimado que, aproximadamente, se deben recoger unos 750 000 metros cúbicos de escombros en las zonas; por ejemplo, solo en Pedernales, que fue destruida en un 70-80%, se estiman unos 190 000 metros cúbicos. Son cifras parecidas o quizás un poco mayores para Manta y Portoviejo, y mucho menores para otras, como en Muisne, donde se estima que habrá alrededor de unos 12 000 metros cúbicos”.



Fotografía No.2. Escombrera vía Pedernales – Jama

Según el cabildo de Pedernales se estima que el derrocamiento y recolección de escombros tardara 6 meses, para la disposición final de los escombros se destinaron 3 escombreras, todas fuera de la ciudad, a dos meses del terremoto dos estaban al tope de su capacidad. Los escombros se depositaron en escombreras autorizadas, pero otros escombros se dispusieron arbitrariamente en las vías, lotes baldíos y bordes de esteros.



Fotografía No.3. Escombros en borde de estero

Diario El Telégrafo (2016-05-27), referente al reciclaje de escombros, indica “Tras el terremoto, los primeros días, decenas de personas se dedicaron a reciclar varillas de hierro para venderlas al peso a compradores que venían de Quito, Latacunga, Guayaquil y otras ciudades. Por algunos días el negocio era visible y codiciado, por lo que se veía en las casas desplomadas a gente cortando las varillas de las columnas y volquetas a la espera de llevar el material a fundición. Pero los militares pusieron control a eso, y ahora, siempre y cuando los chatarreros tengan la autorización escrita de los dueños de las propiedades pueden retirar, caso contrario se aplica el convenio de acopio con la empresa Andec para que ellos recojan las varillas y luego paguen a los propietarios”.

Diario El Comercio (2016-05-15), referente al problema ambiental de los escombros, expresa, “desde el 17 de abril ha sido casi imposible establecer un programa eficiente de reciclaje de los restos de paredes, techos y demás debido a que estos residuos de las construcciones están contaminados con bifenilo ploriclorado, asbesto, plomo, restos humanos y animales”. Los materiales de construcción de los edificios afectados por terremotos, están constituidos de muebles, aparatos electrónicos, árboles, materiales orgánicos, materiales industriales, bienes personales y materiales peligrosos (asbesto, pesticidas, aceites); tirar estos desperdicios representa una amenaza a la salud pública y medio ambiente (bbc mundo).

Diario El Telégrafo (2016-04-26), reporta la inseguridad en las escombreras “La descarga de escombros en el vertedero es custodiada por dos policías que vigilan la zona para evitar el acceso de personas ajenas a esta labor, pues muchas llegan en busca de hierros, ropa u otros objetos. El cabo primero de la Policía Roberto Jiménez, sin embargo, es tajante al explicar a Efe que nadie puede acceder a las montañas de escombros, ya que entre los desechos hay hierros oxidados, vidrios y otros objetos que podrían causarles daño”.



Fotografía No. 4. Reciclaje de varillas por pobladores locales

Fuente: El Comercio

2. OBJETIVOS

Difundir la experiencia en el manejo de escombros generados por el terremoto de Pedernales de 2016 (Ecuador), considerando que países como México, Chile, Perú, Colombia y Ecuador se encuentran en el Cinturón de Fuego del Pacífico y la recurrencia de terremotos es alta.

Definir lineamientos de selección para escombreras de emergencia, para minimizar el impacto ambiental ocasionado por la disposición arbitraria de escombros.

3. METODOLOGIA

La metodología es Exploratoria, “*son las investigaciones que pretenden darnos una visión general de tipo aproximativo respecto a una determinada realidad. Este tipo de investigación se realiza especialmente cuando el tema elegido ha sido poco explorado y reconocido, y cuando aún, sobre él es difícil formular hipótesis precisas o de ciertas generalidades*” (Métodos y técnicas de investigación – GestioPolis).

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los terremotos producen grandes cantidades de escombros producto del colapso de edificios en el momento del sismo y por el derrocamiento de edificios y viviendas posterior al evento. Los gobiernos locales no tienen identificadas áreas, a ser destinadas para la disposición de los escombros producto de desastres naturales, por lo que se ubican sitios improvisados y que en ocasiones generan impactos socio-ambientales-económicos.

Una fuente de financiamiento de los pobladores locales (damnificados) es el reciclaje de varillas, perfiles de aluminio, alambres; el problema se da por el irrespeto a la propiedad privada y el riesgo de contaminación de los recicladores por presencia de elementos peligrosos y restos biológicos (humanos y animales), y, también por el riesgo de colapso de estructuras con recicladores en su interior.

Como un aporte del presente documento, se mencionan lineamientos a considerar en caso de un terremoto, referente a la disposición final y reciclaje de los escombros:

- ✓ Posterior al terremoto, evaluar rápidamente la cantidad de escombros, ubicación y tipo; se dispone al menos de 72 horas para esta evaluación, considerando que la prioridad posterior al desastre es la recuperación de seres humanos y no se ocupa en el derrocamiento maquinaria pesada; la estrategia dependerá de las prioridades y objetivos de las autoridades (costo, impacto sobre el medio ambiente, creación de empleo local, tiempo de implementación).
- ✓ Ubicar con ayuda de imágenes satelitales predios que puedan ser utilizados como escombreras, considerar como factores de discrecionalidad: estado de las vías de acceso, distancia al centro poblado, presencia de cursos de agua, pendiente del terreno, propiedad del predio, áreas protegidas, uso del recurso agua en el curso inferior y cobertura vegetal.
- ✓ El reciclaje debe realizarse en coordinación con dueños de edificios/viviendas, policía, autoridades locales y empresas; de esta manera se garantiza la propiedad privada y el pago justo por el hierro, aluminio, cobre y acero principalmente, y, también evitar la potencial contaminación biológica de recicladores
- ✓ Considerando las condiciones económicas de los pobladores una alternativa es la reutilización de ladrillos, tablas, techos, ventanas, mampostería; considerando que las personas pobres no pueden darse “*el lujo*” de comprar materiales nuevos para la reconstrucción de sus viviendas y la asistencia gubernamental siempre será insuficiente.

5. CONCLUSIONES

Vivimos en una zona sísmica, grandes terremotos han golpeado a los países de la costa Pacífica, por lo que es fundamental que los gobiernos nacionales y locales aprendan de la experiencia y generen políticas de prevención integrales, elaboradas con seriedad y anticipación, que contemplen la particularidad de la gestión de los residuos y escombros, para mitigar los impactos socioambientales.

Las ciudades no tenían planificados sitios para la disposición final de los escombros producto del derrocamiento de construcciones, por lo que se debieron identificar sitios que sirvieron de escombreras, sin contar con estudios técnicos ni viabilidad de la autoridad competente (Ministerio del Ambiente MAE), lo que llevo a que el MAE suspenda la

escombrera de la ciudad de Manta y en otros casos que los escombros se dispongan en lotes baldíos, bordes de esteros y vías.

Es esencial que las autoridades trabajen al lado de expertos, pobladores locales y empresas, para la limpieza, recolección y reciclaje de escombros, en el esquema “*dinero por trabajo*”, y, la elección de la estrategia que precautele la integridad de los recicladores y la propiedad privada, considerando a los escombros como un valioso recurso en épocas de crisis, algunos materiales de construcción pueden ser reutilizados y otros reciclados.

La mayor cantidad de escombros, se generan después de las 72 horas, una vez que ingresa maquinaria pesada para la remoción de escombros, este tiempo debe servir para ubicar las áreas destinadas a escombreras.

La dificultad es que en lugar de simplemente deshacernos de los escombros lo más rápido que sea posible, lo hagamos de una forma sostenible, aunque eso sea más caro y tome más tiempo.

6. BIBLIOGRAFÍA

Organización Panamericana de la Salud (OPS), Serie Salud Ambiental y Desastres No.1. Gestión de residuos sólidos en situaciones de desastres. 2003.

Ministerio del Ambiente Ecuador., www.ambiente.gob.ec › Comunicamos › Noticias. 13 de mayo 2016.

GestioPolis: Métodos y técnicas de investigación <https://www.gestipolis.com/metodos-y-tecnicas-de-investigacion>.

Rodgers L. BBC: ¿Cómo se limpian las ciudades arrasadas por guerras, terremotos y huracanes? <https://www.bbc.com/mundo/noticias-internacional-41692645>.

Instituto Geofísico-Escuela Politécnica Nacional

O ENCERRAMENTO DO LIXÃO NA CIDADE ESTRUTURAL E UMA NOVA PÁGINA NA POLÍTICA DE RESÍDUOS SÓLIDOS NO DISTRITO FEDERAL.

ITAMAR ANTÔNIO DE OLIVEIRA JUNIOR, Agência Reguladora De Águas, Energia E Saneamento Básico Do Distrito Federal, eng.iaoliveira@gmail.com, itamar.junior@adasa.df.gov.br

ABSTRACT

This work treats specifically about the closure process of the solid wastes from Lixão da Estrutural, called Aterro Controlado do Jóquei, which was the destination for all Urban Solid Waste (RSU) in the Federal District. It aims to show how was the change in the Solid Waste Policy in Brasília, with the implementation of the PDGIRS and the closure of the Garbage and what it brought to the population. This research was developed based on documentary research, from other works and surveys made by other people, besides the District Integrated Solid Waste Management Plan, which were included a very well-designed diagnosis. Lixão da Estrutural was the largest open pit in Latin America, and one of the largest in the world, with 40 million tons of accumulated waste and an area in 2 km². With regard to closure, there was a climate of much uncertainty among the scavengers, because, there was always a lot of distance from the government for them, when it was about a Lixão da Estrutural, because it made the group sharing opinions. From 1978 to 1995 the waste disposal was extended in the Northeast and Southwest directions of Lixão (near the valley of the stream Cabeceira do Valo), being considered the intermediate portion of the Landfill. This work shows that the closure of the Garbage was more than necessary, something that transcended the limits by social and environmental degradation, since it was a place that, through total absence and inefficiency by government for all those years, made us see how much it can reach degradation, in their daily struggle for survival, for a piece of bread and also for dignity.

Keywords: Waste Solid, Brazil and Lixão da Estrutural

1.0 INTRODUÇÃO

Este trabalho trata especificamente do processo de encerramento do Lixão da Cidade Estrutural, chamado de Aterro Controlado do Jóquei, que era o local de destinação de todos os Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) do Distrito Federal.

No local, segundo informações prestadas pelo SLU, haviam mais ou menos 2 mil catadores, trabalhando todos os dias no Lixão da Estrutural, o que é um número bastante significativo.

Essa profissão, ou ocupação, melhor dizendo, existe de maneira informal, há aproximadamente 50 anos no Brasil. Segundo Gonçalves (2001), os catadores de materiais recicláveis, nome dado formalmente à profissão de 2001 no Código Brasileiro de Ocupações (CBO) “são pessoas que vivem e trabalham, individual e coletivamente, na atividade de: coleta, triagem e comercialização de materiais recicláveis”.

De acordo com o CBO (2002), a profissão é de livre acesso, exigência de escolaridade ou formação profissional, e as atividades exercidas a céu aberto, em horários variados, ficando os trabalhadores expostos à variações climáticas, acidentes na manipulação de materiais, acidentes de trânsito e violência urbana.

2.0 OBJETIVOS

Este trabalho tem como objetivo mostrar como foi a alteração na Política de Resíduos Sólidos em Brasília, com a implementação do PDGIRS e o fechamento do Lixão e o que isso trouxe à população, quais foram as principais alterações no modo de vida e na gestão de resíduos sólidos e limpeza urbana como um todo.

3.0 METODOLOGIA

Essa pesquisa foi desenvolvida baseada em pesquisa documental, de outros trabalhos, matérias jornalísticas e levantamentos feitos por outras pessoas, além do Plano Distrital de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos que incluiu um diagnóstico muito bem elaborado.

3.0 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Localizado na capital do país no Planalto Central, a uma distância média de 18 km do Palácio do Planalto e do Congresso Nacional.

Era muito comum ao chegar no Lixão da Estrutural e em poucos segundos, o caminhão chegando com os Resíduos era cercado por homens e mulheres esperando o descarte. Pela concorrência, muitos se arriscam de todas as maneiras, alguns até se penduram atrás da enorme caçamba.

Há pessoas de todas as idades no Lixão da Estrutural, inclusive famílias inteiras, e são elas, as crianças as primeiras a se arriscarem nas montanhas de resíduos que são formados pelo descarte, numa espécie de competição diária para ver quem consegue garimpar mais produtos recicláveis.

4.1 Contexto histórico –social do Lixão

Era um forte odor predominante no ambiente, justamente porque não atendia à legislação da Política Nacional dos Resíduos Sólidos (Lei nº 12.305/2010).

O Lixão da Estrutural era o maior lixão a céu aberto da América Latina, e um dos maiores do mundo, com 40 milhões de toneladas de resíduos acumulados e área aproximada de 2 quilômetros quadrados, maior que o parque Ibirapuera, em São Paulo, por exemplo.



Imagem 01 – Imagem aérea do Lixão da Estrutural (Google Earth, 2018)

Do ponto mais alto até a base (abaixo do nível do solo), a montanha de resíduos chega a atingir 55 metros de altura. Sem nenhuma proteção prévia e aumentando a cada dia.

O Lixão da Estrutural, criado após a fundação de Brasília, no início dos anos 1960, (cujo nome formal é Aterro Controlado do Jóquei) ele não era pra funcionar há muito tempo se fosse por vontade política, pois o MPDFT (Ministério Público do Distrito Federal e Territórios, trava uma briga antiga contra o Governo para que o Lixão fosse fechado e o Aterro Sanitário de Brasília fosse aberto, para assim acabar de vez com esse problema para o Distrito Federal.

O que veio a ocorrer só em janeiro de 2018, quando então o governo conseguiu terminar a obra do Aterro Sanitário de Brasília (ASB), conseguiu fechar os convênios com as cooperativas de catadores e implementar os galpões de triagem para que os catadores pudessem realizar a separação correta.

Antes um pouco do encerramento houve uma espécie de "guerra fria" entre governo e catadores. Pois naquele momento, após vários levantamentos, a estimativa é que 1.200 pessoas estivessem de fato trabalhando no lixão, de forma rotativa, sem horário ou dia fixos. Catadores, porém, sempre afirmavam que o número era maior, pois como não havia um controle, eles diziam que haviam no mínimo 2.000 pessoas.

Havia um clima de muita incerteza entre os catadores, até porque, sempre houve um distanciamento muito grande entre Estado e Catadores, quando se tratava de Lixão da Estrutural, isso fez com que o grupo se dividisse.

O medo maior dos que duvidavam, era o que seria deles, se de fato fechassem o Lixão, pois como dissemos, famílias inteiras viviam do que catavam ali, e sem o lixão, o futuro seria incerto.

O governo prometeu como compensação, cada um deles deverá receber bolsa de R\$ 360 por seis meses, além de até R\$ 350 por tonelada de material separado. Já a renda com a venda será estabelecida pela cooperativa à qual o catador se associar, pois elas têm livre arbítrio na maneira de estabelecer o critério para pagamento.

Além de problemas sociais, que não são poucos, outros problemas também eram bem graves com relação ao Lixão, problemas ambientais nesse caso. O Parque Nacional de Brasília, onde fica a famosa Água Mineral, apenas uma cerca o separa do Lixão, uma unidade de conservação com 420 km².

Um bioindicador constatado na região é a grande presença de animais que se alimentam de restos de matéria orgânica, com isso foi identificada uma ameaça à fauna e flora, e esse lixo fornece alimento a esses animais, como: urubus, o que traz transtorno ao parque e gera desequilíbrio, pois impacta sobre o solo, sobre os outros alimentos e sobre os outros animais que ali viviam e são obrigados a migrarem para outros espaços, podendo trazer sérios problemas ambientais.

O principal impacto, porém, vem da emissão de gases e da ausência de tratamento adequado do chorume, pois o chorume acaba percolando no solo e indo em direção à água subterrânea do parque, com risco de atingir o lençol freático e contaminar os mananciais da região.

Essas situações já renderam até R\$ 24 milhões em multas a pedido do MPDFT e do governo federal. No ano de 2012, uma escola foi interditada por suspeita de vazamento de gás metano, oriundo do Lixão.

Devemos saber que o encerramento das atividades do aterro não impede novos danos ambientais, ele precisa de um monitoramento muito sério, pois o problema de contaminação que ele já criou e ainda vai criar é muito sério. Este tratamento é mais que necessário, senão o resíduo que está lá continuará gerando chorume, podendo atingir algum afluente do Paranoá.

4.2. Características geofísicas do Lixão

Segundo Cavalcanti et al (2014) apud Santos (1996), no período de 1977 a 1978 o lixo foi depositado a céu aberto em trincheiras, utilizando o método de rampas, onde o próprio solo retirado para a abertura de uma célula era usado para cobrir a célula adjacente já utilizada. A profundidade das trincheiras era variada em 2 a 4 metros, e o lixo depositado era compactado e recoberto com uma camada de solo de aproximadamente 50 cm de espessura. Atualmente esta área encontra-se fora dos limites atuais do Aterro JCB, sendo habitada por moradores que utilizam água de poços do tipo cacimba.

De 1978 a 1995 a deposição do lixo se estendeu nas direções Nordeste e Sudoeste (próximo ao vale do córrego Cabeceira do Valo), sendo considerada a porção intermediária do Aterro (Figura 3). O lixo foi depositado em valas com 20 a 30 m de largura, 100 a 80 m de comprimento e 2 a 3 m de profundidade (CAVALCANTI et al, 2014 apud SANTANA e IMAÑA-ENCINAS, 2004). No início de 1995, a disposição do lixo no Aterro JCB cobriu toda a área intermediária, sendo observado o prolongamento da área de deposição em direção à porção norte do Aterro (CAVALCANTI et al, 2014).

De 1995 a 1996 a porção norte foi completamente coberta pelo depósito de lixo. Conforme Koide e Bernardes (1998) relatam que, as espessuras das camadas de lixo nesta região eram superiores as porções mais antigas, devido à escassez de área disponível (CAVALCANTI et al, 2014).

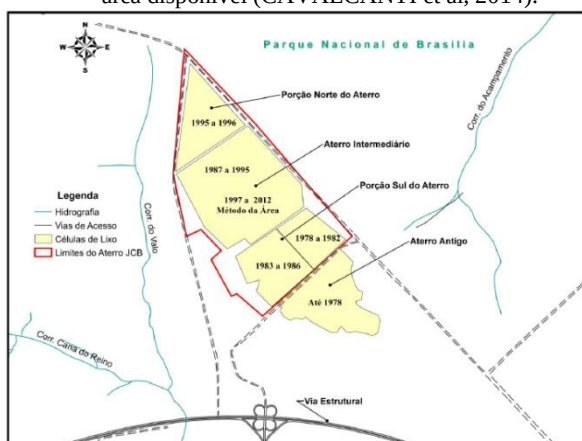


Imagem 02 – Deposição temporal do lixo na área do Lixão da Estrutural (SANTOS, 1996)

A geomorfologia da área é associada a um relevo suave ondulado com declividade de 10%, com presença de rampas longas e predominância de pedogênese sobre o transporte e deposição. A área é um divisor hidrográfico com dois corpos hídricos, o Córrego Cabeceira do vale, a sudoeste e o Córrego do Acampamento, a nordeste (Cavalcanti et al, 2014 apud Campos, 2007).

Conforme Campos (1998), o Grupo Paranoá é a unidade geológica que ocupa a maior área no Distrito Federal, dividida em seis unidades estratigráficas: a Ardósia, o Quartzito Médio, o Metarritmito Argiloso, o Metassiltito Argiloso, o Metarritmito Arenoso e a Psamo-Pelito Carbonata.

A área do Aterro JCB é representada por ardósia da Unidade A e por metarritmito da Unidade R3 do Grupo Paranoá. Tendo a predominância de ardósias roxas, friáveis, com dupla clivagem definida e de camadas restritas arenosas. Nas proximidades do Córrego Cabeceira do Valo ocorre a presença de metarritmitos intemperizados com intercalação entre camadas argilosas a arenosas (Campos et al, 2006).

Pereira et al. (1997) na elaboração de estudos geológico-geotécnico na área do Aterro JCB, constatou a ocorrência de Latossolo Vermelho-Escuro com espessuras entre 10 a 15 metros em solo residual laterítico, e com espessuras entre 15 a 25 metros quando solo é coluvionar laterítico, ambos com porosidade elevada e variação de permeabilidade entre 10-4 e 10-6 cm/s, tendendo a diminuição dos valores com a profundidade.

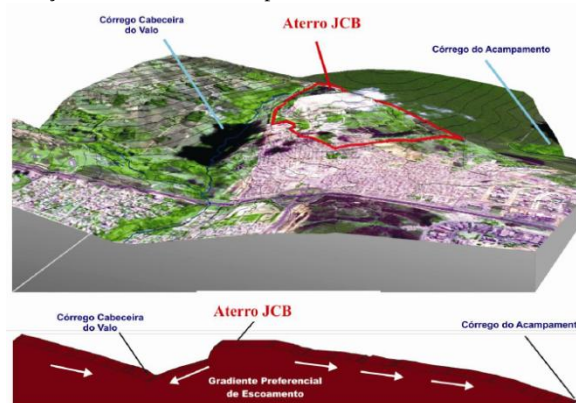


Imagem 03 - Perfil topográfico do Lixão da Estrutural no sentido oeste-leste. Visada para norte.

Os valores de baixa resistividade (AC) estão mais presentes nas regiões sul, sudeste e oeste, preferência da migração da pluma, pelo fluxo subterrâneo com maior tendência para Córrego Cabeceira do Valo e em direção ao assentamento urbano (Cidade Estrutural) (CAVALCANTI et al, 2014).

Com base nas localizações das seções de eletroresistividade, foi gerado um mapa do posicionamento das áreas contaminadas e com suspeita de contaminação pelo chorume nos limites do aterro JCB, para o ano de 2012 (CAVALCANTI et al, 2014).

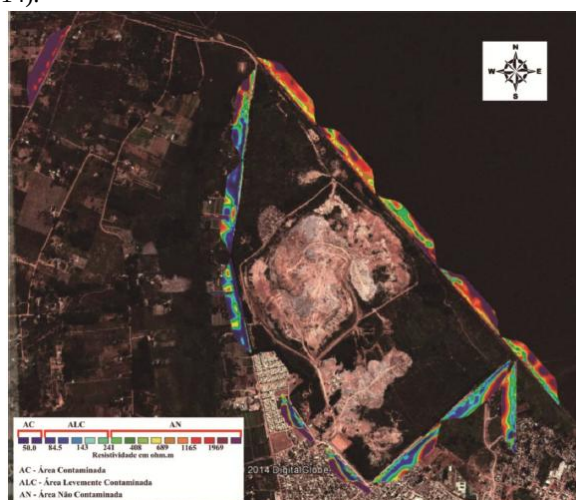


Imagem 04 - Mapa de localização das áreas contaminadas (AC) e levemente contaminadas (ALC) pelo chorume, nos limites do Lixão da Estrutural (2012). Fluxo preferencial da pluma de contaminação para oeste e sudeste da área. (Google Earth 2012).

A ocorrência de valores de baixa resistividade nas áreas mais antigas do Aterro JCB (sul e sudeste), possa evidenciar a percolação do chorume novo nas valas antigas, tendo estas um comportamento de calhas de escoamento subterrâneo (CAVALCANTI et al, 2014).

Este fluxo é justificável devido o gradiente topográfico da área do aterro ser mais íngreme a oeste (Córrego cabeceira do valo) e levemente inclinado a leste (Córrego do Acampamento). O que evidencia uma contaminação menos acentuada em direção ao Parque Nacional de Brasília (CAVALCANTI et al, 2014).

É aconselhável o uso de análises físico-químicas de amostras de solo e de água, junto às seções de eletrorresistividade para melhor interpretação e correlação com os parâmetros geofísicos, já que o parâmetro resistividade elétrica é sensível ao grau de umidade (CAVALCANTI et al, 2014).

4.3 A implantação do PDGIRS e encerramento do Lixão

O Lixão foi encerrado em janeiro de 2018, assim se iniciou o processo de implantação do PDGIRS (Plano Distrital de Gestão Integrada de Resíduos) no Distrito Federal.

Por meio do Decreto-lei nº 38.903/18, o então Governador Rodrigo Rollemberg regulamentou o PDGIRS, já aprovada pela Lei 5.418/14 de autoria do Deputado Distrital à época Joe Valle.

A estrutura que o GDF deixou preparada para a implementação do PDGIRS foi a seguinte:

- 3 Estações de Transbordo;
- 2 Usinas de tratamento mecânico biológico;
- 10 Instalações de recuperação de resíduos;
- 12 Núcleos de limpeza;
- 10 Papa-entulhos;
- 67 Papa-lixos;
- 33 Cooperativas habilitadas para convênios;
- 2 Locais para destinação final.

De toda essa estrutura vale ressaltar os locais de destinação final que são: URE (Unidade de Recebimento de Entulhos) e o ASB (Aterro Sanitário de Brasília).

4.3.1 – Unidade de Recebimento de Entulhos

Área do Antigo do Lixão da Estrutural, fora preparada e está sendo gerida para o recebimento de Resíduos da Construção Civil e também de serviços de poda e roçagem da NOVACAP. O que auxiliou na diminuição de pontos de descartes irregulares de Resíduos de Construção Civil, pois os caçambeiros que trabalham com coleta e armazenamento desse tipo de resíduos, agora utilizam a URE, para a destinação final, mais adequada.

4.3.2 – Aterro Sanitário de Brasília

O Aterro foi construído para atender toda a demanda de rejeitos do Distrito Federal e também, de municípios do entorno de Brasília, pois hoje eles integram ao CORSAP (Consórcio Público de Manejo de Resíduos Sólidos e das Águas Pluviais da Região Integrada do Distrito Federal e Goiás).

Como parte da solução de disposição final de rejeitos gerados no Distrito Federal, o Governo do Distrito Federal, através do SLU, viabilizou a implantação do primeiro aterro sanitário do Distrito Federal - o Aterro Sanitário de Brasília. A área total prevista para uso é de aproximadamente 760.000 m² (76 ha), sendo que a área para implantação do ASB é de aproximadamente 490.000 m² (49 ha) (PDGIRS, 2017).

Tabela 1 – Vida útil do ASB por etapas

Etapa	Área (m ²)	Capacidade (t)	Vida Útil (anos)
Etapa 1	110.000	1.872.000	3,1
Etapa 2	122.000	1.990.000	3,2
Etapa 3	88.000	1.596.000	2,6
Etapa 4 -	-	2.672.000	4,4

coroamento			
Etapa 5	320.000	8.130.000	13,3

4.4. Inclusão social e mais salubridade aos catadores

Um grande ganho com o encerramento do Lixão da Estrutural, foi a maior salubridade aos catadores e a política de inclusão social sendo de fato aplicada a essa categoria. Pois passaram a atuar em galpões de triagem, ou fazendo coleta seletiva nas ruas, e não mais catando no lixão, podendo contrair doenças, sem EPI's, em condições degradantes, como era feito anteriormente.



Figura 01 – Catador trabalhando no Lixão da Estrutural antes do encerramento (Correa, 2017)

Era muito comum, caminhões que vinham de locais com bons resíduos, aquele mais lucrativos e fáceis de triar, chegarem escoltados ao Lixão, por verdadeiras quadrilhas, que andavam armadas, intimidavam outros catadores, intimidavam os colaboradores do SLU-SF, para que fizessem a vontade deles, descartassem os resíduos onde eles delimitassem, uma verdadeira terra-sem-lei.

Hoje é possível verificar que há alguns conflitos, isso se reflete em muito na liderança que a Presidência da Cooperativa tem sobre seus cooperados, e o SLU não ode intervir nessa relação, pois é preciso que eles tenham autonomia.

Várias entidades se regularizaram juridicamente para receberem o auxílio do governo e também para poderem formalizar as atividades via convênio, pois o SLU paga às Cooperativas pelos serviços que as mesmas executam, além de terem o lucro com a comercialização dos produtos triados na coleta seletiva. E com isso elas puderam fechar convênios em diversas atividades.

4.0 CONCLUSÕES

Este trabalho mostra que o encerramento do Lixão era mais do que necessário, era algo que transcendia os limites da degradação socioambiental, pois era um local que por total ausência e ineficiência do Estado por todos esses anos, fez com que víssemos o quanto pode chegar a degradação humana, na sua luta diária pela sobrevivência, por um pedaço de pão e também dignidade.

O Distrito Federal conseguiu encerrar, por um momento, uma página triste de sua história, agora cabe aos agentes públicos, resolverem de fato os conflitos entre os catadores, pois muitos ainda não se associaram à cooperativa, outras cooperativas não têm conseguido ter uma gestão eficiente, porém, hoje a população brasileira pode almejar em sonhar com uma cidade mais sustentável, depois dessa virada.

5.0 REFERENCIAS



CAVALCANTI M. M., BORGES W. R., STOLLBERG R., ROCHA M. P., CUNHA L.S., SEIMETZ E.X., NOGUEIRA, P.V. e de OLIVERA E SOUSA, F.R.F.R. L Levantamento Geofísico (eletrorresistividade) nos limites de Aterro Controlado do Jockey Club Vila Estrutural, Brasília-DF. São Paulo, 1996.

MOURA, G.R.; SERRANO, P.L.M.; e GUARNIERI – Análise socioeconômica dos catadores de materiais recicláveis no Distrito Federal, Brasília, DF, 2016.

MTE - Ministério do Trabalho e Emprego. Classificação Brasileira de Ocupações. Disponível em: <http://www.mtecbo.gov.br/cbosite/pages/home.jsf>. Acesso em: 18/02/2019.

PDGIRS – Plano Distrital de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos. Decreto-lei nº 38.903/18. Brasília, 2018.

PEREIRA, M.B – Estrutural, uma comunidade, à espera do fim do lixão – série de reportagens radiofônicas e expandidas. Brasília, 2017.

SANTOS, P.C.V. Estudos da Contaminação de Água Subterrânea por Percolado de Aterro de Resíduos Sólidos – Caso Jockey Club-Df. 1996. Dissertação de Mestrado, Universidade de Brasília, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Brasília, DF. 1996

SOUSA, A.M.; MENDES, C.M. – Viver do lixo ou no lixo? A relação entre saúde e trabalho na ocupação dos catadores de material reciclável cooperativos no Distrito Federal – estudo exploratório, 2006.

PROJETO DE EDUCAÇÃO AMBIENTAL NA BACIA HIDROGRÁFICA DA BARRAGEM MÃE D'ÁGUA PROMOVE A FEIRA DO DIADESOL

DARCI BARNECH CAMPANI, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, campani@ufrgs.br
TERESINHA GUERRA, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, tg@ufrgs.br
PAULO ROBINSON DA SILVA SAMUEL, Universidade Federal do Rio Grande do, Sulpaulo.samuel@ufrgs.br,
paulo.samuel@gmail.com

ABSTRACT

The school is an important institution that makes possible the contact with Environmental Education since childhood, it mobilizes the school community and it becomes one of the main places for environmental educators proceeding, what arouses students' curiosity about practical activities/workshops, based on Solid Waste, their environmental aspects and impacts and the importance of adopting sustainability in everyday life. This paper aims to present the work made in a public school which was done by its students at the fair day of Cleaning and Citizenship Interamerican Day (DIADESOL). It was developed as a tool for awareness and propagation of the Environmental Education Project with 4 classes of the 5th grade of a Municipal School in Viamão, RS, Brazil. The fair was organized by the teachers and students to disseminate the work that the students prepared and organized with recyclable materials in classroom, to distribute ecological messages to the school community and there was also a workshop of homemade soap using cooking oil as a proposal of understanding that this residue has contaminant potential to the Environment. In the fair day, there was interest, curiosity and participation of the students, its familiars and all community for adopting sustainable practices “and the importance of Environmental Education in school”.

RESUMO

A Escola é uma importante instituição que possibilita o contato com a Educação Ambiental desde a infância, mobiliza a comunidade escolar e torna-se um dos principais locais para atuação de educadores ambientais, desperta a curiosidade dos alunos por atividades práticas/oficinas, tendo por base os Resíduos Sólidos, seus aspectos e impactos ambientais e a importância de adotar práticas de sustentabilidade no cotidiano. Este trabalho tem como objetivo apresentar o trabalho realizado em uma Escola Pública o trabalho realizado pelos alunos no dia da Feira do Dia Interamericano de Limpeza e Cidadania, DIADESOL das Américas. Foi desenvolvido com 4 turmas de alunos do 5º ano de uma escola municipal de Viamão/RS/Brasil, como ferramenta conscientizadora e propagadora do Projeto de Educação Ambiental. A feira foi organizada pelos professores e alunos para divulgar os trabalhos com materiais recicláveis elaborados e organizados pelos alunos em sala de aula, distribuição de mensagens ecológicas para a comunidade escolar e oficina de sabão caseiro utilizando o óleo de cozinha como proposta de entendimento que esse resíduo tem potencial contaminante na comunidade. No dia da feira, houve interesse, curiosidade e participação dos alunos, familiares e da comunidade por adotar práticas sustentáveis e a importância da Educação Ambiental na escola.

PALAVRAS CHAVE: Práticas Sustentáveis, Educadores Ambientais, Reciclagem, DIADESOL.

INTRODUÇÃO

No Brasil a Educação Ambiental contempla “os processos por meio dos quais o indivíduo e a coletividade constroem valores sociais, conhecimentos, habilidades, atitudes e competências voltadas para a conservação do meio ambiente, bem de uso comum do povo, essencial à sadia qualidade de vida e sua

sustentabilidade” (Brasil, 1999), e em seu Art. 3º, cita que todos têm direito à educação ambiental.

Considerando que a maioria das Escolas Públicas de Ensino Fundamental estão aquém da aplicação da legislação, a maioria dos trabalhos realizados nas escolas resultam de projetos organizados por universidades, organizações

governamentais ou de professores que têm interesse pelas questões ambientais. Desta forma, as atividades desenvolvidas em ambientes educativos têm se tornado uma ferramenta essencial para construção dos saberes relacionados às questões ambientais. Para Rolim (2012 p.6), a escola como instituição de educação formal tem a incumbência de trabalhar o tema ambiental de maneira que conecte o contexto do dia a dia e o científico, ampliando conhecimentos e valores dos estudantes. O projeto iniciou em 2009 por iniciativa da

Assessoria de Gestão Ambiental da UFRGS e tem como objetivo conscientizar e sensibilizar a comunidade escolar sobre os aspectos ambientais, considerando que a comunidade universitária se conecta com a Escola Alberto Pasqualini com a Barragem Mãe D'Água, localizada no Campus do Vale da universidade e que apresenta uma grande quantidade de descarte irregular de resíduos sólidos e esgoto.

A Feira Diadesol representa o Dia Interamericano de Limpeza e Cidadania (DIADESOL), iniciativa da Organização Pan-Americana de Saúde (PAS) e da Associação Interamericana de Engenharia Sanitária e Ambiental (AIDIS), surge como prática de atividades educativas ambientais contidas no projeto, como ferramenta motivadora para a comunidade escolar preservar o ambiente através de ações cotidianas.

OBJETIVOS

Este trabalho tem como objetivo despertar a curiosidade dos professores, dos alunos e da comunidade por atividades práticas e oficinas, tendo por base os Resíduos Sólidos, seus aspectos e impactos ambientais e a importância de adotar práticas de sustentabilidade no cotidiano na Feira do Dia Interamericano de Limpeza e Cidadania, DIADESOL das Américas.

METODOLOGIA

A Feira foi criada para comemorar o Dia Interamericano de Limpeza e Cidadania (DIADESOL), uma iniciativa da Organização Pan-Americana de Saúde (PAS) e da Associação Interamericana de Engenharia Sanitária e Ambiental (AIDIS), festejado no terceiro sábado do mês de setembro.

O Projeto Educação Ambiental na Bacia Hidrográfica da Barragem Mãe D'Água atua com os alunos dos 5º anos na EMEF Alberto Pasqualini no município de Viamão/RS, com aulas/oficinas ministradas em dois dias da semana no horário de aula. Os temas abordados e discutidos são Biodiversidade, Meio Ambiente, Biomas, Alimentação Saudável, Qualidade do Ar, Tipos de Poluição, Resíduos Sólidos e Recursos Hídricos e compõem a matéria do currículo. As aulas ministradas foram interativas, com uso de mídias (Power Point, Vídeos e Documentários disponíveis no You Tube), confecção de cartazes e aplicação de jogos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As atividades realizadas ao ar livre, inclusive as com caráter educacional ou recreacional, podem gerar impactos ambientais (GUERRA, 2015). Nesse sentido, desde a década de 1940, tem se investigado os impactos que podem ser gerados por diferentes atividades ao ar livre, permitindo uma melhor compreensão sobre os aspectos de realização destas atividades e, conseqüentemente, o desenvolvimento e aprimoramento de propostas educacionais focadas em práticas de mínimo impacto (MARION, 2006).

Inicialmente foram apresentadas algumas curiosidades sobre reciclagem de resíduos e a economia de recursos, tempo de decomposição de alguns materiais. Posteriormente foi realizada uma reflexão do filme "WALL-E", filme que aborda uma época onde a humanidade se viu obrigada a viver no espaço devido à altíssima degradação ambiental na Terra, mostrando a produção em massa, consumismo e despreocupação com o ambiente e os resíduos gerados. Discussão sobre a produção e destino dos resíduos produzidos em casa e na escola. Posteriormente foram utilizados vídeos sobre resíduos (<https://www.youtube.com/watch?v=MiuIckYJfQY>) e Rap da Reciclagem do Castelo Rá Tim Bum (<https://www.youtube.com/watch?v=BZfI-8o6-KM>) que evidenciada a importância da separação correta dos resíduos na origem. Também foram abordados os "5 R"

(Repensar, Reduzir, Recusar, Reutilizar e Reciclar) com a participação dos alunos em uma competição lúdica para estimular interesse e curiosidade.

O planejamento da Feira Diadesol foi realizado com a participação dos bolsistas e coordenadores do projeto da UFRGS e direção da Escola. Para a realização, foi solicitado que os alunos trouxessem materiais recicláveis e de sucata que tivessem em casa e provavelmente iriam para o "lixo". Com estes materiais foram orientados para que criassem brinquedos e objetos que abordassem os temas das aulas (Figura 1). Também foram confeccionadas lixeiras orgânicas com bombonas de água para depois da exposição na feira, serem introduzidas nas salas de aula e promover a separação entre resíduos recicláveis e compostáveis.





Havia muita expectativa dos alunos da escola e dos familiares quanto à Feira DIADESOL, realizada no pátio da Escola, com a exposição dos materiais confeccionados pelos alunos para demonstrar que os resíduos ainda podem ter utilidade, tornando-se uma ferramenta e criativa (Figura 2). Os adultos e crianças passavam pelas bancas com olhar de curiosidade e os responsáveis pela confecção dos objetos explicavam como tinham elaborados os materiais em exposição, com que tipo de resíduo, além de falarem sobre a importância de separar, reciclar e reutilizar.



Durante a exposição da Feira foram distribuídas mensagens ecológicas criadas pelos alunos em conjunto com as professoras e uma demonstração da confecção de sabão caseiro utilizando óleo de cozinha usado, um resíduo com potencial de contaminação nos corpos hídricos da região.

A Feira instigou a criatividade dos alunos e deu incentivo à prática da Educação Ambiental no contexto geral. Os resultados e o Feedback obtidos foram satisfatórios, de acordo com relatos dos alunos e da comunidade escolar presente. É impactante quando percebemos as transformações que acontecem nos alunos, os conhecimentos adquiridos, e como o projeto abre portas que eles nem imaginam que possam ser abertas com as vivências no decorrer do projeto. A Educação Ambiental é uma atividade educacional e social de suma

importância porque constrói valores e habilidades, possibilita uma nova visão da realidade e a formação de cidadãos mais conscientes de suas responsabilidades e de seus atos.

CONCLUSÕES

A Feira do DIADESOL mostrou à comunidade escolar as possibilidades do trabalho coletivo em prol da preservação ambiental local e regional. Os alunos, os pais, professores e demais pessoas da comunidade mostraram interesse em adotar atitudes sustentáveis, porém sabe-se que é dever do Estado definir políticas públicas, como prática educativa integrada, contínua e permanente em todos os níveis e modalidades do ensino formal para a preservação, recuperação e melhoria do ambiente

As famílias e as crianças das demais turmas da Escola que foram prestigiar a feira puderam acompanhar o processo de Educação Ambiental através dos brinquedos, enfeites, maquetes elaborados a partir de materiais recicláveis, juntamente com a explicação dos alunos que os confeccionaram, e isso necessitou planejamento, organização e comprometimento dos educandos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL (1999). Lei nº 9.795 de 27 de abril de 1999. Dispõe sobre a educação ambiental, institui a Política Nacional de Educação Ambiental e dá outras providências. Publicado no DOU em 28 de abril de 1999.

CHASSOT, A. (2003). Alfabetização científica: uma possibilidade para a inclusão social. Revista Brasileira de Educação (22), pp.89-100.

GUERRA, T. (2015). Educação Ambiental: Contribuição para a Gestão Socio ambiental na Bacia Hidrográfica do Rio Gravataí, Porto Alegre, MC&G Editorial, 239p.

MARION, J. L. (2006). Recreation Ecology Research in the Americas. In: SIEGRIST, D. et al. Exploring the Nature of Management. Proceedings of the Third International Conference on Monitoring and Management of Visitor Flows in Recreational and Protected Areas. Suica: University of Applied Sciences Rapperswil, pp. 93-97.

Rolim, R. G. (2012). O processo de aprendizagem e mudança de atitudes a partir de aulas/oficinas de educação ambiental no ensino fundamental em escolas municipais de Viamão, RS. Trabalho de Conclusão do Curso de Ciências Biológicas, UFRGS. Porto Alegre, 50p.

PROPUESTA DE UNA METODOLOGÍA PARA LA CARACTERIZACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS EN UNIVERSIDADES, AREQUIPA, 2019.

Anatolia Hortencia Hinojosa Perez^{1*}

¹Universidad Católica San Pablo

*Anatolia Hinojosa: Universidad Católica San Pablo, Ciencias Económico Empresariales, Escuela de Administración de Negocios, Grupo GECORED. Urb. Campiña Paisajista s/n, Arequipa, Arequipa, Perú. +51 54 605630. E-mail: hhinojosa@ucsp.edu.pe

Resumen

El objetivo de esta investigación es proponer una metodología para la caracterización, cuantificación, de residuos sólidos generados en las universidades bajo el enfoque de Economía Circular en Arequipa, en base a experiencias a nivel nacional e internacional y proponer un Plan de incidencia en políticas públicas.

La metodología aplicada es de enfoque cualitativo, el alcance de la investigación es descriptivo, el diseño es no experimental de tipo transversal. Se ha tomado la metodología aplicada en los trabajos de (Gutierrez y Gonzales s.f), de la Universidad de Granada España y la Universidad de Ciego del Ávila, Cuba. Las fuentes de información son el área de Infraestructura y Mantenimiento de nueve universidades investigadas

Los resultados muestran que es necesario contar con una metodología que considere una etapa inicial, etapa de aplicación y etapa final a fin de determinar los diferentes tipos, cantidad de residuos sólidos y contar con un Plan de

incidencia en políticas públicas, bajo el enfoque de Economía Circular.

Palabras clave: Residuos sólidos, caracterización de residuos, Plan de incidencias, Políticas Públicas.

Abstract

The objective of this research is to propose a methodology for the characterization, quantification, of solid waste generated in the universities under the Circular Economy approach in Arequipa, based on national and international experiences and to propose a Public Policy Advocacy Plan.

The methodology applied is of a qualitative approach, the scope of the research is descriptive, the design is non-experimental of transversal type. The methodology applied in the works of (Gutierrez and Gonzales s.f), of the University of Granada Spain and the University of Ciego del Ávila, Cuba, has been taken. The sources of information are the Infrastructure and Maintenance area of nine universities investigated

The results show that it is necessary to have a methodology that considers an initial stage, stage of application and final stage in order to determine the different types, amount of solid waste and have a Public Policy Advocacy Plan, under the Economics approach Circular.

Keywords: Solid waste, waste characterization, Incident plan, Public Policies.

Introducción

El Ministerio del Ambiente (2018), en la Nueva Ley de Residuos Sólidos sostiene que “un primer cambio de paradigma está referido a considerar el residuo sólido como un insumo para otras industrias”. Por lo que esta nueva Ley, ya no la define como basura, sino como insumos, dándole valor a los residuos de las personas y empresas. Como conocemos, los residuos sólidos cada día se incrementan en cantidad y variedad como consecuencia del aumento de la población

humana y del desarrollo tecnológico e industrial (Lett, 2014). La falta de caracterización para su disposición final ha ocasionado grandes problemas al ambiente, contaminando agua, aire y suelo.

Las universidades no son ajenas a éste problema de caracterización de “Residuos sólidos”, a pesar, de ser los centros de generación de conocimientos e investigación. Estas instituciones, no cuentan con políticas ni programas dirigidos a re incorporar estos recursos en las cadenas productivas bajo el enfoque de Ciclo de Vida, que consiste en promover una política de consumo sostenible, con la finalidad de convertir los sistemas productivos en ecosistemas donde todos los recursos se aprovechan (Toepfer, 2004). En la actualidad, se sigue aplicando un modelo lineal, que como sostiene Fullana (2017), “pero tampoco es lineal: es exponencial”, lo que da lugar a que el impacto ambiental asociado, crezca exponencialmente, y lo que es más preocupante en centros universitarios, entes que deben proponer soluciones a esta problemática.

En las universidades de Arequipa, diariamente, se disponen incorrectamente muchas toneladas de residuos sólidos. Existe un incremento de la oferta de productos de consumo final en plásticos, botellas, papel, que terminan mezclados para finalmente ser recogidos por el servicio público de basura, terminando en botaderos generalmente no autorizados o en condiciones que afectan gravemente el medio ambiente y sobretodo la salud de los ciudadanos.

En este contexto, un componente esencial para generar el cambio es la educación y la difusión de programas que se impulsen en las universidades. Es así, que la sensibilización y formación ambiental de los estudiantes universitarios y docentes, tiene suma importancia, por cuanto, son los actores que muy pronto se convertirán en los responsables de tomar decisiones en el ámbito público y privado de nuestra sociedad.

A pesar de existir leyes y ordenanzas, sólo un bajo porcentaje llega a sitios destinados para su disposición final. Por lo que, el propósito de este trabajo de investigación es proponer una metodología para la caracterización y

cuantificación de residuos sólidos en las universidades con el enfoque de Economía Circular en Arequipa.

Objetivos

General: Proponer una metodología para la caracterización y cuantificación de residuos y un plan de incidencia en políticas públicas en las universidades de Arequipa.

O.E.1 Describir la situación actual del manejo de residuos sólidos.

O.E.2 Caracterizar los residuos sólidos generados en las universidades.

O.E.3 Cuantificar los residuos sólidos generados en las universidades.

O.E.4 Presentar un Plan de incidencia en políticas públicas

Metodología

La unidad de estudio son las universidades de Arequipa, dado que según (Gutiérrez y Gonzales, s.f), las universidades son escenarios importantes para el desarrollo de modelos sociales y económicos cada vez más sostenibles. A nivel nacional existen 142 universidades, de las cuales 9 funcionan en Arequipa (Banco Central de Reserva del Perú, 2016).

El enfoque aplicado es cualitativo, como técnica la entrevista, el alcance es descriptivo, el diseño es no experimental, de tipo transversal. Las fuentes de información son el área de Infraestructura y Mantenimiento de las universidades investigadas, identificamos a los actores, y lugares donde se gestionan los residuos sólidos.

Se ha considerado la metodología aplicada en los trabajos de (Gutiérrez y Gonzales s.f), “Ambientalizar la universidad: un reto institucional para el aseguramiento de la calidad en los ámbitos curriculares y de la gestión” de la Universidad de Granada España y la Universidad de Ciego del Ávila, Cuba.

Resultados

A continuación, presentamos como resultado la propuesta de una metodología descrita por etapas (inicial, de aplicación y final) que se consideran para la caracterización, cuantificación de los residuos generados, en base a los objetivos planteados para la presente investigación.

Tabla 1. ¿Cuál es la situación actual de los residuos sólidos en las universidades de Arequipa?

Las universidades tienen una ineficiente gestión de los residuos sólidos

Etapa Inicial	Etapa de Aplicación	Etapa Final
*Recolecta de información (leyes, informes, investigaciones similares)	*Recolección de información de manejo de Residuos sólidos aplicando la Guía Metodológica –PIGAR (Consejo Nacional del Ambiente, (2001).	*Evaluación de resultados de la gestión de residuos en las universidades de Arequipa.
*Identificación de actores internos y externos de la GRS	*Encuesta a alumnos, docentes, personal administrativo y de servicios.	*Presentar una matriz de análisis comparativo de Gestión de Residuos sólidos de universidades de Arequipa
*Preparación de fichas para recoger información	*Entrevista a responsables de la gestión de residuos	*Evaluación de los impactos
	*Visita a clases, oficinas, servicios, depósitos	*Conclusiones y recomendaciones

Tabla 2. ¿Qué tipos de residuos sólidos son generados en las universidades?

Las universidades generan diversos tipos de residuos sólidos

Etapa Inicial	Etapa de Aplicación	Etapa final
*Recolecta información para la elaboración de Línea de Base de Trabajo.	*Elaboración de tabulación estadística para determinar los diferentes residuos sólidos.	*Evaluación de resultados estadísticos y entrevistas a profundidad.
*Formulación de entrevistas a personas responsables.	*Desarrollo de entrevistas	*Relación de personas entrevistadas respecto al tipo de residuos que se emiten en las universidades.

Tabla 3. ¿Cuál es la cantidad de residuos sólidos que se genera en las universidades?

Las universidades generan una gran cantidad de residuos sólidos

Etapa Inicial	Etapa de Aplicación	Etapa final
*Recolecta información para la elaboración de Línea de Base de Trabajo (en cantidad)	*Preparación de cuadros estadísticos para determinar la cantidad de residuos sólidos (por tipo de residuo).	*Evaluación de resultados en base a estadísticas.

Tabla 4. ¿Las universidades cuentan con un Plan de incidencia en políticas o asuntos públicos?

Las universidades no cuentan con un Plan de incidencia en políticas o asuntos públicos

Objetivo	Actores involucrados	Estrategia a utilizar	Actividades	Duración
-Comunicar los resultados del análisis de la situación actual de residuos sólidos en las universidades de Arequipa	-Autoridades universitarias -Encargados del área de infraestructura y mantenimiento de las Universidades. -Gerencia de Medio Ambiente (Municipalidad Provincial de Arequipa). -Gerencias de Medio Ambiente (distritos involucrados).	-Presentación de estudios realizado antes de la divulgación general. -Esquemización y divulgación de propuestas de mejora.	-Talleres sobre la situación actual de residuos sólidos en las universidades de Arequipa. -Talleres participativos para difundir propuestas de mejora.	1 trimestre
Caracterizar los residuos sólidos generados en las universidades.	-Encargados del área de infraestructura y mantenimiento. -Alumnos -Gerencia de Medio Ambiente (Municipalidad Provincial y de distritos involucrados).	-Propagación del análisis realizado a partir del estudio de los Planes de GIRS.	- Charlas informativas sobre la definición de Ciclo de Vida. - Talleres participativos sobre el enfoque de ciclo de vida.	1 bimestre
Cuantificar los residuos sólidos generados en las universidades.	- Encargados del área de infraestructura y mantenimiento. -Alumnos -Gerencia de Medio Ambiente (Municipalidad Provincial y de distritos involucrados).	-Comunicación y difusión de línea base levantada (caracterización).	-Talleres de divulgación de resultados.	1 mes
Presentar propuestas de mejora al sistema de manejo de residuos.	- Encargados del área de infraestructura y mantenimiento. -Alumnos -Gerencia de Medio Ambiente (Municipalidad Provincial y de distritos involucrados). -Empresas privadas involucradas.	-Comunicación y difusión de línea base levantada (caracterización).	-Talleres de divulgación de resultados.	1 trimestre

Conclusiones

Primera

Las universidades tienen una ineficiente gestión de los residuos sólidos, por lo que es necesario la aplicación de una metodología para la caracterización, cuantificación de los residuos sólidos y contar con un Plan de incidencia en Políticas Públicas.

Segunda

Las universidades generan diversos tipos de residuos sólidos, por lo que es necesario un proceso que parta de una etapa inicial, etapa de aplicación y etapa final para determinar los diferentes residuos sólidos emitidos en las universidades de Arequipa.

Tercera

Las universidades generan una gran cantidad de residuos sólidos, por lo que es necesario seguir metodología para determinar la cantidad de residuos sólidos emitidos en las universidades de Arequipa.

Cuarta

Un Plan de incidencia en políticas públicas cuenta con objetivos, actores involucrados, estrategias, actividades y duración, para el conocimiento y aplicación de Leyes, ordenanzas de autoridades involucradas.

Bibliografía

Banco Central de Reserva del Perú (2016), Informe Económico y Social región Arequipa, Lima: Encuentro Económico.

Consejo Nacional del Ambiente (2001), Guía metodológica para la formulación de planes integrales de gestión ambiental de residuos sólidos – PIGARS, recuperado de [file:///C:/Users/Usuario/Downloads/2091%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Usuario/Downloads/2091%20(1).pdf)

Fullana, P. (2017), El Análisis del Ciclo de Vida, un elemento clave en la Economía Circular, recuperado el 10 de julio de 2017 de <http://www.periodicoeleco.com/?p=1047>

Gutierrez, J. y Gonzales, A. (s.f) Ambientalizar la universidad: un reto institucional para el aseguramiento de la calidad en los ámbitos curriculares y de la gestión, Revista Iberoamericana de Educación, recuperado el 11 de julio de 2017 [file:///C:/Users/Usuario/Downloads/890Gutierrez%20\(2\).PDF](file:///C:/Users/Usuario/Downloads/890Gutierrez%20(2).PDF)

Lett L(2014), Las amenazas globales, el reciclaje de residuos y el concepto de economía circular, Rev. Argentina de microbiología. vol.46 no.1 Ciudad Autónoma de Buenos Aires. Recuperado http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0325-75412014000100001

Ministerio del Ambiente (2016), Guía para el cumplimiento de la meta 36 del Programa de Incentivos a la Mejora de la Gestión Municipal 2016 “Implementar la Disposición Final Segura de Residuos Sólidos recolectados por el servicio municipal de limpieza pública, recuperado de https://www.mef.gob.pe/contenidos/presu_publica/mig/municipalidades_pmm_pi/guia_cumplimiento_meta36.pdf

Toepfer K. (2004), ¿Por qué adoptar un enfoque de ciclo de vida?, PNUMA: St. Joseph Print Group, recuperado de [https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/1731Why take a life cycle approach ES.pdf](https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/1731Why%20take%20a%20life%20cycle%20approach%20ES.pdf)

OBTENCIÓN DE UN BIOCOMBUSTIBLE A PARTIR DE RESIDUOS SÓLIDOS OLEOSOS.

CINTYA VALERIO CÁRDENAS, UNIVERSIDAD POPULAR DE LA CHONTALPA,
cintyavc@hotmail.com

Palabras Clave

Camalote, bioadsorbente, biocombustible, residuo oleoso.

Abstrac

Agricultural and agro-industrial waste is being proposed as an alternative to be used as solid fuels, easy to apply, low cost and with less environmental impact. In this work a biomass derived from the camalote was generated for its study as an adsorbent of oil spilled in water. The lignocellulosic material of the camalote was modified with $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ in order to change its wettability and make it more compatible with the hydrocarbon. In the experiment, the camalote was treated with a mixture of oil-water for 2 hours of contact at room temperature later filtration separated the water from the biomass, leaving it totally free of both light and heavy hydrocarbons. Analysis by gas chromatography of the wastewater showed the absence of hydrocarbons. Additionally, the residual biomass was impregnated with hydrocarbon and it is proposed as a final destination to be used as fuel for the production of thermal energy, this being an alternative to the use of conventional fuels that are scarce, expensive and polluting.

Introducción

En la actualidad los países buscan impulsar un modelo de desarrollo económico compatible con la conservación del medio ambiente y la equidad social, adoptando una serie de medidas para poner fin a la pobreza, proteger el planeta y garantizar paz y prosperidad a las personas.

Dentro de los objetivos del desarrollo sostenible encontramos dos puntos clave para llevar a cabo tal equilibrio:

- Objetivo 6: Garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible.
- Objetivo 7: Garantizar acceso a una energía asequible y no contaminante (UNDP, 2019)

Los biocombustibles representan en la actualidad una fuente potencial de energía renovable, siendo una alternativa en apariencia viable para sustituir los combustibles fósiles, (SERNA, BARRERA, & MONTIEL, 2011) ya que pueden obtenerse de biomasa vegetales o animales. Las biomasa presentan la ventaja que son abundantes, de bajo costo y amigables con el medio ambiente. (HERNANDEZ & HERNANDEZ, 2008).

El problema de la contaminación del agua por el petróleo y sus derivados no se limita a la limpieza del medio para cumplir con las regulaciones ambientales de cada país, sino a la recuperación del producto y al destino final de los materiales adsorbentes utilizados en la recuperación del petróleo.

Los materiales adsorbentes más comunes con base en el polipropileno o poliuretano presentan la desventaja que no son biodegradables, por lo que en los últimos años se han venido desarrollando nuevos materiales provenientes de fuentes naturales (ORTIZ, FONSECA, RODRIGUEZ, & MONTENEGRO, 2006). Actualmente, se aprovechan las fibras naturales especialmente cuando provienen de residuos abundantes como el bagazo de caña, el bambú, el cáñamo y el yute, como adsorbentes de contaminantes en agua debido a su contenido de celulosa, hemicelulosa y lignina, además de que son de bajo costo y la desorción del contaminante es relativamente fácil (STAEL & TAVARES, 2001). El Camalote (*Paspalum fasciculatum* Willd. Ex Flügge) es un pasto que se encuentra en estados del sureste, crece en un clima tropical húmedo y no es una planta que se cultive, esta crece de manera espontánea e incluso se le considera una maleza. Sin embargo, está compuesto de material lignocelulósico que puede ser aprovechado como adsorbente de contaminantes en agua. En este sentido, el presente trabajo tiene como objetivo proponer un sistema de tratamiento de agua contaminada por petróleo basado en el potencial adsorbente del material lignocelulósico que contiene el pasto camalote, y en el efecto del $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ sobre el camalote para cambiar la mojabilidad preferencial del adsorbente para lograr una mayor adsorción del petróleo y posteriormente utilizarlo como combustible para generar energía térmica.

Objetivos

Utilizar el Camalote como adsorbente de petróleo en cuerpos de agua y como biocombustible.

Metodología

Los experimentos fueron realizados en el Laboratorio de Química Sustentable, localizado en la Universidad Popular de la Chontalpa. El camalote se recolectó en la zona verde de la universidad y fue acondicionado como adsorbente siguiendo las siguientes etapas:

- Secado:** el camalote se cortó en fracciones pequeñas de aproximadamente 3 cm, posteriormente se secó al sol por 3 días.
- Triturado y tamizado:** una vez seco el material se trituró con la ayuda de un molino y una licuadora industrial. Para obtener una biomasa de tamaño uniforme fue necesario tamizarlo con malla #40 (425 μm) y se almacenó en recipientes de polietileno en un lugar fresco y seco.
- Modificación química con $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$:** A 1 gramo de camalote en 100 ml de agua destilada se le agregaron 200 mg de $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$, la mezcla se agitó por 1 hora. Posteriormente, el sólido se separó por filtración y se secó a 60°C por 5 horas.

Pruebas de adsorción por tiempo de contacto. Se realizaron 3 experimentos diferentes para las pruebas de adsorción:

- Sin modificación química del camalote:** 1 gramo de camalote en 100 ml de agua destilada se puso en agitación con 40 ml. de petróleo a temperatura ambiente. Al término de la agitación se filtró la solución.
- Con modificación química del camalote:** 1 gramo de camalote en 100 ml de agua destilada se puso en agitación con 40 ml. de petróleo a temperatura ambiente. Al término de la agitación se filtró la solución.
- Con modificación química del camalote en agua de mar:** 1 gramo de camalote en 100 ml de agua mar se puso en agitación con 40 ml. de petróleo. Al término de la agitación se filtró la solución.

Determinación de hidrocarburos en agua. El análisis de las soluciones resultantes de las filtraciones se realizaron en el Laboratorio de Tecnología Ambiental del Centro de Investigaciones en Biotecnología de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos, en un cromatógrafo de gases HP 5890 SERIE II equipado con un detector de ionización de llama (FID) la separación cromatografía se realizó a través de una columna de 30 m x 0.25 mm 5% fenil metil silicona.

Determinación del poder calorífico. El residuo oleoso generado se secó al aire libre aprovechando la energía solar, una vez seco se realizó la medición del poder calorífico en el CINVESTAV-Unidad Mérida en un equipo DSC (DISCOVER, TA, INST,) en el rango de temperatura de 30° a 250°C, a una tasa de calentamiento de 10°C por minuto.

Resultados y discusión

Evaluación del camalote como adsorbente de hidrocarburos.

Sin modificación química del camalote

El camalote en estado natural no es capaz de retener en su totalidad los hidrocarburos derivados del petróleo, solo logra adsorber los mas pesados dejando en la solución los hidrocarburos mas ligeros. En la figura 1 se muestra el cromatograma obtenido por cromatografía de gases del agua residual donde se observa la presencia de hidrocarburos ligeros ($< n\text{-C}_{20}$) en un rango de 20,000 a 100,000 meV.

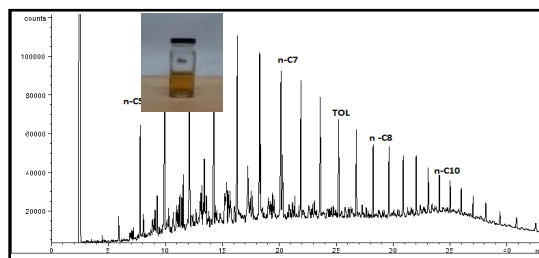


Figura 1. Análisis por CG del agua residual sin modificar el camalote

Hidrofobación del camalote

Considerando la hidrofobicidad del petróleo fue necesario modificar la mojabilidad preferencial del camalote con $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$, esto favoreció que las moléculas de hidrocarburos se adhirieran a la superficie del adsorbente en su totalidad. El resultado puede verse en la figura 2 donde el cromatograma muestra la ausencia de hidrocarburos, solo se detecta la presencia de compuestos entre 3,000 y 5,000 meV correspondiente a compuestos orgánicos del camalote.

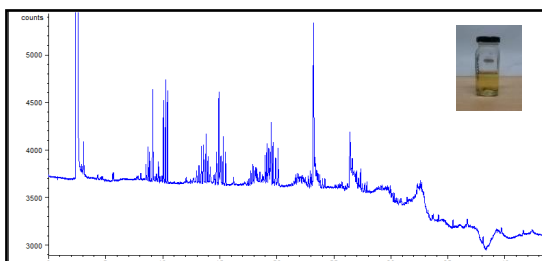


Figura 2. Análisis por CG del agua residual modificando el camalote con $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$

Remoción de Hidrocarburos en agua de mar

En el mar es donde se encuentra la mayor contaminación por petróleo, por ello se llevó a cabo la remoción de hidrocarburos derramados en agua de mar usando el camalote modificado. La solución a simple vista puede verse incolora, el análisis por cromatografía de gases mostró la ausencia total de hidrocarburos, figura 3.

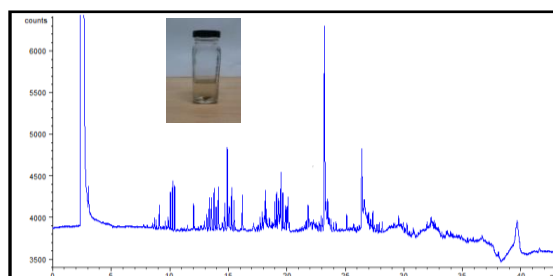


Figura 3. Análisis por CG del agua residual de mar.

Disposición final del material oleoso

Con el camalote modificado con $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ se logró remover los hidrocarburos del agua en su totalidad, por lo que es necesario proponer una alternativa de uso para los materiales oleosos generados, en la figura 5 se presenta el gráfico del análisis del residuo por Calorimetría Diferencial de Barrido (DSC) en donde se determinó que tiene un poder calorífico de 292.55 J/g, lo que permite disponer de este residuo como material combustible para la generación de energía en procesos industriales.

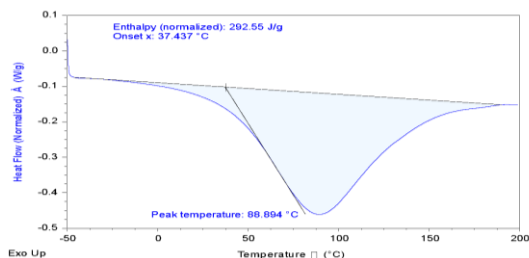


Figura 5. Gráfico del poder calorífico por DSC

Conclusiones

El camalote modificado con $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ adsorbió el hidrocarburo en su totalidad, por lo cual se propone como un material adsorbente.

El residuo generado de este proceso presenta las condiciones ideales para considerarse un biocombustible generado de residuos.

Referencias

- (UNDP), P. D. (DICIEMBRE de 2018). OBJETIVOS DEL DESARROLLO SOSTENIBLE. Obtenido de <https://www.undp.org/content/undp/es/home/sustainable-development-goals.html>
- DESARROLLO, P. D. (2018). OBJETIVOS DEL DESARROLLO SOSTENIBLE., (págs. <https://www.undp.org/content/undp/es/home/sustainable-development-goals.html>).
- HERNANDEZ, M. A., & HERNANDEZ, j. A. (JULIO de 2008). VERDADES Y MITOS DE LOS BIOCOMBUSTIBLES. (E. SOTO, Ed.) ELEMENTOS, CIENCIA Y CULTURA, 15(71), 15-18. Recuperado el ENERO de 2019
- ORTIZ, P., FONSECA, G., RODRIGUEZ, G., & MONTENEGRO, L. (2006). BIOMATERIALES SORBENTES PARA LA LIMPIEZA DE DERRAMES DE HIDROCARBUROS EN SUELOS Y CUERPOS DE AGUA. ING. INVEST, XXVI(2), 20-27.
- SERNA, F., BARRERA, L., & MONTIEL, H. (ENERO de 2011). IMPACTO SOCIAL Y ECONÓMICO EN EL USO DE BIOCOMBUSTIBLES. JOURNAL OF TECHNOLOGY MANAGEMENT AND INNOVATION., 6, 100-114. Recuperado el ENERO de 2019, de www.jotmi.org
- STAEI, C., & TAVARES, B. (2001). STUDY OF MATERIAL COMPOSITES BASE SUGARCANE BAGASSE AND THERMOPLASTIC POLYMERS. APPL. POLYM SCI., LXXXII(9), 2150-2154.

ESTRATEGIAS DE RECUPERACIÓN DE RESIDUOS CON UNA VISIÓN DE RECICLAJE INCLUSIVO

DIANA CRISTINA PAREDES POZO, Alianza GIRO, crisparedes28@hotmail.com, maaguilararteaga@gmail.com

Palabras Clave

Reciclador de base, reciclaje inclusivo, cadena de valor, multifamiliares.

Introducción

En el Ecuador, al igual que la mayoría de países de Latinoamérica, existen personas llevando a cabo procesos de recuperación de residuos sólidos aprovechables, se trata de grupos de recicladores de base, denominados peyorativamente como: minadores, pepenadores o chamberos. Su actividad se desarrolla principalmente en sitios de disposición final como: rellenos sanitarios, botaderos a cielo abierto y escombreras. Además realizan su trabajo en las calles ya sea a pie de vereda abriendo fundas, o dentro de contenedores dispuestos para el acopio temporal de residuos.

Su labor consiste en la búsqueda y recuperación de materiales aprovechables tales como plástico, papel, cartón, chatarra, etc., los mismos que posteriormente son comercializados a agentes intermediarios quienes los canalizan hacia las grandes industrias en donde se manufactura a partir de materia prima reciclada.

Según el Programa Nacional para la Gestión Integral de Desechos Sólidos del Ministerio de Ambiente PNGIDS-MAE en el período 2012-2014 se logró identificar a 52 Municipios que contaban con algún proceso de aprovechamiento de residuos (IRR, 2015), lo que representa el 24% de la totalidad de Municipios existentes en el Ecuador, es importante destacar que estos procesos en la mayor parte de los casos se identifican como pilotos o cuya cobertura no va más allá del 25%.

En el Ecuador según (Guanoluisa, 2014), existe alrededor de 20.000 recicladores de base que operan el proceso recuperación de residuos sólidos en diferentes escenarios, logrando así canalizar adecuadamente los residuos que los ciudadanos generan. Las actividades de recuperación y el reciclaje de materiales post consumo se desarrolla paralelamente a los procesos Municipales de gestión de residuos y se caracteriza por su baja capacidad administrativa, económica y financiera; además de las condiciones precarias de trabajo y una alta exposición a riesgos.

Sólo el 6% de los recicladores pertenece a una asociación, lo que indica el 94% de los recicladores trabajan de manera independiente, por lo que su escala de operación es mínima, recuperando un promedio de una tonelada por reciclador por mes, con un ingreso promedio de USD 228.

No se desarrolla ningún tipo de valor agregado, no disponen de movilización y normalmente son parte de grandes cadenas de intermediación, lo que tiene importante influencia en el precio del material recuperado.

La falta de reconocimiento del reciclador, por parte de los Municipios y la sociedad, como un actor que forma parte del sistema de gestión de residuos sólidos, se puede considerar como la base de su problemática social y económica. A medida que la demanda de materia prima reciclada se incrementa, se incrementa también el número de personas asociadas a esta actividad, cuya labor genera incidencia directa en la gestión de residuos de las ciudades y en la cadena de valor del plástico, papel, cartón, chatarra y vidrio principalmente.

Según el Ministerio del Ambiente 2016, en el Ecuador el 23% de los residuos generados son potencialmente reciclables, los mismos que pueden ser destinados para la industria que utiliza materia prima reciclada para sus procesos de manufactura. Según la Iniciativa Regional para el Reciclaje Inclusivo – IRR 2015, los recicladores de base en las ciudades de Quito, Cuenca, Manta y Guayaquil, aportan con la recolección, acopio y comercialización de 124.855 toneladas de residuos reciclables al año (de 245.000 toneladas totales recuperadas en el año 2014), lo que significa que los recicladores de base fueron los responsables de la recuperación de más del 51% del total de residuos reciclables que se recuperaron para ese año en el Ecuador (IRR, 2015). Esta recuperación principalmente se realiza en condiciones de minado de residuos sin anclarse a procesos de separación en la fuente ni de recolección diferenciada.

La recuperación de estos materiales permite que menos residuos tengan que ser destinados para disposición final, lo que reduce los costos Municipales de gestión de residuos, ambientalmente reduce el impacto relacionado a la disposición de residuos así como la reducción de la demanda de recursos naturales o materias primas requeridas para la manufactura.

Tal como se expuso anteriormente, el 24% de las Ciudades buscan avanzar a procesos de separación en la fuente y recolección diferenciada, pero, se desarrollan como meros esfuerzos proactivos ante un Código Orgánico de Organización Territorial Autonomía y Descentralización COOTAD y un Código Orgánico del Ambiente COA que no obligan a la separación en la fuente y la recolección diferenciada de residuos, restringiendo la labor de los municipios a un enfoque de saneamiento que lo que busca es recoger y disponer residuos, en el mejor de los casos dentro de los parámetros técnicos.

Si bien muchos Municipios han avanzado a ordenanzas que prevén la separación y recolección diferenciada muy pocas se han tenido los efectos esperados, siendo muchas veces pilotos fallidos copiados de otras realidades, en donde no se ha logrado la eficiencia necesaria en la estrategia de recuperación que pueda garantizar flujos importantes de recuperación de residuos reciclables.

Es evidente el potencial económico de la cadena de valor del reciclaje y es importante la labor de aporte de los recicladores de base al abastecer el primer eslabón de la cadena luego del consumo.

Al ser los recicladores una realidad muy Latinoamericana se hace necesario el poder entender como el trabajo de los recicladores puede articularse como una estrategia de recuperación de residuos que incide en el aprovechamiento de residuos en las ciudades siendo esto parte de la gestión integral de residuos.

Objetivos

Analizar cómo influye el trabajo de los recicladores de base en la estrategia de recuperación de residuos con fines de aprovechamiento.

Metodología

El presente trabajo técnico se basa en un análisis que mide la eficiencia de tres estrategias de recuperación de residuos implementadas en la Ciudad de Quito, en el marco del “Proyecto de recolección diferenciada con inclusión social, desarrollado en el período 2013-2015” impulsado por la Secretaría de Ambiente del Distrito Metropolitano de Quito.

El análisis mide la eficiencia de las estrategias de recuperación durante un período de 36 meses para el caso de puntos limpios y minado y 27 meses para el caso de recolección a pie de vereda

Análisis Cuantitativo

Se inicia por el cálculo del potencial reciclable por modalidad o estrategia de recuperación.

$$PR = ppc * hb * fr * 30 \text{ días}$$

Donde

PR: Potencial reciclable (kg totales por mes)

ppc: Producción per cápita (kg/día)

hb: Habitantes beneficiarios (hab)

fr: Fracción de reciclables Σ (porcentaje de representación de reciclables comerciales)

Este representa el cálculo base con el que es posible contrastar a recuperación de residuos mensuales en kg. Esto permite calcular la eficiencia por estrategia de recuperación.

$$kg \text{ sem}1 + kg \text{ sem}2 \text{ (kg sem } n)$$

EER:

PR

Dónde:

EER: Eficiencia de la estrategia de recuperación (%)

Kg sem: Kilogramos recuperados por estrategia de recuperación por semana.

PR: Potencial reciclable (kg totales por mes)

Esto permite definir la eficiencia por tipo de estrategia de recuperación para la zona de implementación y generar ciertas conclusiones.

Análisis Cualitativo

Vinculado al análisis cuantitativo se requiere el poder entender las motivaciones de la separación y las razones principales por las que la estrategia de recuperación fue más o menos eficiente.

Esto es posible mediante entrevistas semi estructuradas dirigidas a recicladores y beneficiarios de la recolección diferenciada.

Resultados y discusión

Los resultados son el análisis comparativo de la estrategia de recuperación en puntos limpios (dos tipos de contenedores) y pie de vereda, esta información fue contrastada con el minado de fundas de residuo mixto indiferenciado, dispuestas a pie de vereda, previa recolección de comunes.

La evaluación se desarrolla mediante el pesaje de los materiales con una recolección semanal en todas las modalidades que a continuación se presentan.

En todos los casos se trata de un sistema de recolección desarrollado por una asociación de recicladores de base con el apoyo de un vehículo de la Empresa Municipal de Aseo EMASEO. En todos los casos se llevó a cabo un proceso previo de capacitación puerta a puerta y una activación en la comunidad para difundir la importancia de la separación y el trabajo con recicladores de base.

En ninguno de los casos se aplicó mecanismos de control en relación al cumplimiento, únicamente se realizó un ejercicio de seguimiento y presentación de evaluaciones para posibles mejoras en cada estrategia.

Puntos limpios compartidos

Su capacidad de 1.100 lt totales, compartidos uno para papel y cartón y otro para envases, dichos puntos permiten colocar los materiales de manera individual (uno a uno), a modo de solapas redondas para el ingreso de envases y cuadradas para el ingreso de papel y cartón, se encuentran dispuestos en lugares estratégicos de multifamiliares (urbanizaciones cerradas, edificios, conjuntos habitacionales, etc.) en un estrato socioeconómico C+, B-, B+, con aproximadamente 500 beneficiarios por punto limpio. Se evaluó un total de 41 puntos limpios dentro de esta modalidad.



Fotografía 1. Contenedor compartido, Conjunto Habitacional San Pedro Claver.

Puntos limpios Kit 3 contenedores

Su capacidad es de 1.100 litros para cada material, dando un total 3.300 litros, dichos puntos permiten el ingreso de fundas completas separadas previamente en los hogares, se encuentran dispuestos en lugares estratégicos de multifamiliares de estrato socioeconómico B-, B+, con aproximadamente 500 beneficiarios por Kit. Se evaluó un total de 25 puntos limpios bajo esta modalidad.



Fotografía 2. Kit 3 contenedores, Urbanización Balcón del Norte

Pie de vereda

Consiste en la recolección exclusiva de reciclables con previa separación en la fuente, en una funda de color celeste, la recolección es realizada por recicladores de base que han trabajado previamente en la zona. Se ubica en urbanizaciones con estrato socioeconómico B+ y A-. Se evaluaron dos urbanizaciones con un total 5.600 habitantes.



Fotografía 3 . Recolección a Pie de vereda urbanización Quito Tennis

Minado

Consiste en la labor de recuperación de residuos de las fundas o contenedores, sin previa separación en la fuente. La recuperación se realiza en los días previstos para la recolección de basura, previa llegada del vehículo recolector, en urbanizaciones con estrato socioeconómico B- y B+. Se evaluaron 3 urbanizaciones con un total de 1.400 habitantes.



Fotografía 4. Minado de residuos.

A continuación se presentan los resultados en función de la eficiencia de cada modalidad por año, la tabla ha sido organizada de menor a mayor eficiencia, siendo los puntos limpios los de menores resultados, para el caso de los puntos limpios compartidos con un 4% y 14% de la recuperación sobre el potencial reciclable y el pie de vereda presenta mejores resultados con un 32% de recuperación sobre lo potencialmente reciclable.

Tabla 1. Eficiencia en la recuperación por modalidad de recuperación.

AÑO	2013	2014	2015	TOTAL
Puntos Limpios compartidos	4%	6%	3%	4%

Puntos limpios kit	9%	20%	13%	14%
Minado	17%	19%	20%	19%
Pie de vereda	34%	30%	30%	32%

Evaluación puntos limpios

Al evaluar los dos tipos de contenedores, es posible observar un diferencial del 10 puntos porcentuales, debido principalmente a la modalidad de ingreso del material. Dicho desde la ciudadanía esta diferencia se presenta debido a la capacidad que tienen los contenedores de ingresar el material en una funda completa para el caso del kit y la actividad de ingresar el material uno a uno para el caso del compartido, esto desincentiva la separación y el depósito. “Mientras menos tiempo tome el colocar el material separado es mejor”.

Una de las principales causas de la baja eficiencia de los dos tipos de puntos limpios, es el tiempo que le toma desplazarse hasta el lugar de ubicación de los mismos, lo que a la final influye en el número de familias participantes dentro del proceso. Los puntos limpios mejor evaluados son los ubicados en las cercanías de la puerta de ingreso al conjunto edificio o urbanización.

Evaluación Minado

Paralelamente a la evaluación de la recolección diferenciada, era importante el poder contar con información acerca de la recuperación desarrollada sin que haya ningún proceso de separación en la fuente, tal y como normalmente los recicladores recuperan el material. Este tipo de estrategia de recuperación presenta mejores resultados que los puntos limpios, pero mantiene las condiciones de trabajo de los recicladores, exponiéndolos al manejo directo de los residuos y a los riesgos que esto conlleva.

Desde la visión de la ciudadanía “es doloroso observar que las personas viven de la basura” desde su perspectiva las personas recuperan el residuo de la basura debido a los malos hábitos ciudadanos.

Evaluación Pie de vereda

El pie de vereda presenta un promedio en los tres años del 32% de recuperación sobre el potencial reciclable, siendo la estrategia de recuperación que mejores resultados ha logrado. Dicha recuperación desde la visión de la ciudadanía se debe a que “se ha logrado humanizar el reciclaje” dándole un rostro y un fin social a la actividad de la separación de residuos, lo que motiva el accionar de las familias. Además el colocar la funda al exterior de los hogares permite evidenciar la participación, o no, dentro de la iniciativa en el día asignado de manera exclusiva para la recolección de reciclables, generando una suerte de presión social que motiva la participación.

Costos

En relación a los costos por modalidad en todos los casos se requiere de un camión y un ayudante para realizar el levantamiento de los materiales, el costo definido para la operación representa un total de USD48, al dato de recolección se le agrega el costo de recuperación por estrategia de recuperación, se asume un valor de 2,50 dólares por hora de trabajo de un reciclador de base.

Para el caso de los puntos limpios la operación implica la autorización e ingreso al interior de los conjuntos, urbanizaciones, edificios, etc. el vaciado y por último la limpieza del contenedor, lo que requiere de un total de aproximadamente 30 minutos por punto limpio, a un promedio de recuperación de 18 kg por recolección, se puede definir un costo de operación de USD 69,44.

Para el caso del minado la actividad implica la autorización e ingreso al multifamiliar, para luego proceder con la apertura de las fundas, para recuperar el material potencialmente reciclable. Los materiales son colocados dentro de fundas más grandes para su posterior retiro. La operación puede tomar aproximadamente 180 minutos totales, con una recuperación de 145 kg por recolección.

Para el caso del pie de vereda se inicia por la autorización y posterior ingreso al multifamiliar, para luego proceder con la recuperación de fundas celestes previamente dispuestas en los exteriores de las viviendas, las mismas que contienen el material separado durante aproximadamente 7 días, las fundas celestes son dispuestas en puntos de acopio temporal, para luego ser levantadas por el personal que opera el vehículo de recolección. La actividad toma un total de 120 minutos, lo que permite la recuperación de un total de 653 kg por recolección. Tal y como se muestra en la siguiente figura.

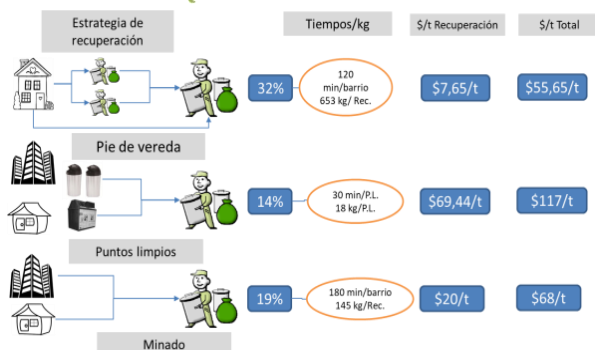


Figura 1. Costos

La comparación entre los costos por modalidad nos permite definir que la estrategia menos costosa de operar es el pie de vereda con USD55,65 dólares por tonelada, la modalidad de puntos limpios representa un total de USD117 dólares por tonelada y el minado cuesta USD68 dólares por tonelada.

La inversión para la promoción de un pie de vereda es de 2.500 dólares por cada 500 habitantes, mientras que por punto limpio es de 1.500 dólares y para el caso del minado no se realiza ninguna inversión.

Conclusiones

- El minado de residuos representa una estrategia de recuperación que logra recuperar importantes cantidades de material reciclable, pero implica costos sociales vinculados a la exposición a riesgos y una forma de trabajo lejana al trabajo digno.
- Los puntos limpios representan una opción de separación y no una obligación, por lo que la participación de las familias es bastante baja.
- El diseño del ingreso del material influye en la recuperación de residuos, prefiriendo el beneficiario disponer de puntos pensados en el ingreso completo de la funda de reciclables previamente separados en el hogar.
- El colocar puntos limpios diferenciados implica menores cantidades recuperadas por lo que el punto limpio que mejor funciona es el que no distingue por material sino que asigna un lugar para los aprovechables en general.
- El pie de vereda es la modalidad que mejores resultados genera desde una visión de humanizar el reciclaje dándole la importancia que implica el realizar reciclaje con recicladores.
- La facilidad de colocar al pie de vereda para los beneficiarios genera un impulso adicional para la separación.
- El día exclusivo para recolección de reciclables influye en el mejoramiento de la práctica de la separación.
- El efecto visual que generan las fundas celestes crea una suerte de presión social a participar dentro de la práctica de separación.
- El contar con la obligatoriedad de la separación en la fuente es vital para implementar cualquier estrategia de recuperación de residuos.
- El seguimiento a los indicadores permite elegir la estrategia más eficiente en términos de recuperación y costos de operación.
- La participación de los recicladores de base permite no solo incrementar la cantidad de materiales recuperados sino que reduce los costos de operación por estrategia de recuperación.

Referencias Bibliográficas

Guanoluisa, L. (2014). Presidente RENAREC. (C. Paredes, Entrevistador)

IRR. (2015). *Reciclaje Inclusivo y recicladores de base en el Ecuador*. Quito: Don Bosco.

INVENTARIO NACIONAL DE ÁREAS DEGRADADAS POR RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES, ELABORADO POR EL ORGANISMO DE EVALUACIÓN Y FISCALIZACIÓN AMBIENTAL (OEFA) - PERÚ

DANIEL ENRIQUE RADO ARENAS, ORGANISMO DE EVALUACIÓN Y FISCALIZACIÓN AMBIENTAL - OEFA, daniel.rado.arenas, drado@oeffa.gob.pe

Palabras Clave: Áreas Degradadas, Inventario, Recuperación, Reconversión.

Abstract:

There is a problem of solid waste management, 20 540 tons of solid wastes were generated in Perú per day, 46% was landfilled and the rest of them were thrown in degraded areas (dumping sites). OEFA identified degraded areas and developed a platform where citizens can visualize them, find information and images of city dumping sites managed by municipalities. OEFA collected information from different sources and identified 1 585 degraded areas which occupies an extension of 1 971 hectares. The object of this inventory is to reach the identification of the degraded areas which could be reconverted in landfills, or recovered; from this universe, OEFA has found 27 dumping sites which was categorized for its reconversion and 1 558 for its recuperation.

1.- INTRODUCCIÓN

Los lugares de disposición final de residuos sólidos a nivel mundial constituyen un problema ambiental cuando son dispuestos de manera inadecuada, sin control ni tratamiento alguno, acumulándose inapropiadamente en vías y espacios públicos, así como en áreas urbanas, rurales o baldías que generan riesgos sanitarios o ambientales. Estas acumulaciones existen al margen de la Ley y carecen de autorización, menguan la salud y calidad de vida de los ciudadanos que se ubican en las cercanías de estos lugares, y también alteran la calidad de los componentes ambientales como el agua, aire y suelo, sin dejar de mencionar a la flora y fauna circundante. En el año 2017 el Ministerio del Ambiente (Minam), reportó que en el Perú la generación de residuos sólidos alcanza los 7 millones de toneladas al año, de los cuales el 55% son dispuestos en rellenos sanitarios debidamente autorizados, y el 45% son dispuestos en áreas degradadas o botaderos; cabe precisar que en el país existen 35 rellenos sanitarios (Minam, 2019).

La Ley N° 29325, Ley del Sistema Nacional de Evaluación y Fiscalización Ambiental, otorga al Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA) la calidad de Ente Rector del citado sistema, y como tal verifica el desempeño de las municipalidades en la gestión de los residuos sólidos.

La Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos (Decreto Legislativo N° 1278) y su Reglamento (Decreto Supremo N° 014-2017-MINAM); le confieren al OEFA funciones de supervisión, fiscalización y sanción en materia de residuos sólidos, y entre otras funciones, la de elaborar, mantener actualizado y administrar el Inventario Nacional de Áreas Degradadas por Residuos Sólidos Municipales, el mismo que permitirá conocer el número de áreas degradadas existentes a nivel nacional, la extensión de las mismas y sus principales características, además, de categorizarlas, para su recuperación o reconversión a rellenos sanitarios, de acuerdo a los criterios establecidos por el Minam.

2.- OBJETIVOS

El objetivo general del estudio fue elaborar el Inventario Nacional de Áreas Degradadas por Residuos Sólidos Municipales.

Los objetivos específicos son:

- Identificar y caracterizar las áreas degradadas por residuos sólidos municipales existentes en el Perú.
- Categorizar las Áreas Degradadas por Residuos Sólidos Municipales para su recuperación o reconversión a rellenos sanitarios.

3.- METODOLOGÍA

La elaboración del inventario se basó en la observación, su diseño metodológico fue no experimental y descriptivo. Se analizó el estado de las variables en el período de estudio (entre los meses de julio a setiembre de 2018). Se definieron las variables: ubicación geográfica, tipo de usuarios, características del área, y categorización del área; cada variable cuenta con los atributos que se detallan en la Tabla 1.

Con estas variables identificamos la cantidad de áreas, el responsable de administrar el área, el tiempo de operatividad, la cantidad de residuos sólidos dispuestos, la existencia de actividad de segregación, entre otras. Adicionalmente, se recabó imágenes fotográficas de cada una de las áreas degradadas.

N°	Variable	Atributo
1	Ubicación	Distrito
2		Provincia
3		Departamento
4		Coordenadas
5		Zona
6	Tipos de Usuarios	Municipalidad que administra
7		Municipalidades que disponen
8	Características del área	Perímetro
9		Área
10		Denominación del área
11		Tiempo de actividad del área
12		Cantidad que disponen t/día
13		Actividades de segregación
14		Crianza de animales de granja
15		Presencia de vectores
16		Quema de residuos
17		Residuos del sector salud
18		Residuos industriales
19	Categorización del área	Recuperación
9		Reconversión
20	Registro fotográfico	

Las fuentes para la identificación de áreas degradadas por residuos sólidos municipales fueron:

- ✓ Información proveniente del OEFA:
 - De los informes de supervisión de las Oficinas Desconcentradas del OEFA;
 - De los informes de supervisión emitidos por la Subdirección de Seguimiento de Entidades de Fiscalización Ambiental del OEFA;
 - De las acciones de supervisión efectuadas por la Coordinación de Residuos Sólidos en el primer semestre de 2018;
- ✓ Información de los proyectos de inversión de las municipalidades en materia de residuos sólidos, financiados por el Fondo de Promoción a la Inversión Pública Regional y Local;
- ✓ Información del Registro Nacional de Municipalidades del 2017, en la cual las municipalidades, indican si disponen sus residuos en rellenos sanitarios o áreas degradadas.

Se requirió a las municipalidades provinciales y distritales a nivel nacional completen una “Ficha de Información de Área Degradada”, que contempla las variables y atributos descritos en la Tabla 1.

Con esta información se elaboró la base de datos de las áreas degradadas por residuos sólidos municipales a nivel nacional, y se migró la información al Sistema de Información Geográfica del OEFA, para establecer la extensión en hectáreas (ha) y metros cuadrados (m²) de cada área degradada.

Luego, se elaboró un registro preliminar de las áreas degradadas, que tenían algún componente de infraestructura de disposición final, conforme a los criterios para la reconversión de áreas degradadas a rellenos sanitarios, señalados en la normativa pertinente, las que se mencionan a continuación:

- ✓ Que su construcción se haya realizado sobre la base de un expediente técnico, cumpliendo con los criterios técnicos para el diseño y construcción, zona o trinchera impermeabilizada; drenes, poza y sistema de recirculación de lixiviados; chimeneas y quemadores para el manejo de gases.
- ✓ Si cuenta con espacio en su trinchera o zona de disposición final para continuar con la disposición final y si cuenta con área para la habilitación de otras trincheras o zonas para la disposición final.
- ✓ Que su infraestructura no cuente con instrumento de gestión ambiental, debidamente aprobado por la autoridad competente.
- ✓ Se encuentren en operación hasta el 21/12/2017.

Para verificar si algunas áreas degradadas serían pasibles de reconversión, se elaboró una ficha con variables y atributos acordes a los criterios mencionados en el ítem anterior (ver Tabla 2).

N°	Variable	Atributo
1	Ubicación	Distrito
2		Provincia
3		Departamento
4		Coordenadas
5		Zona
6		Observaciones respecto a su ubicación (a menos de 500 m de población, granjas porcinas o avícolas y de fuentes de agua superficiales; en zonas de pantanos, humedales o recarga de acuíferos, en zonas donde se puede generar deslizamientos.
7	Usuarios y datos de área	Municipalidad que administra
8		Municipalidades que disponen
9		Antigüedad del área
10		Cantidad que disponen t/día
11	Componentes del área para reconversión	Cerco perimétrico
12		Trinchera impermeabilizada
13		Drenaje de lixiviados
14		Recirculación de lixiviados
15		Canales para evacuación de agua de lluvias
16		Drenaje de gases

1		Espacio para continuar disponiendo
7		Espacio para habilitación de otras celdas o zonas
1		Instalaciones complementarias
8	Construida con expediente técnico	Número de documento de aprobación del expediente
1		Autoridad que aprobó
9	Terreno	Propio o de terceros
2		Documento que acredite
0	Instrumento de gestión ambiental	Cuenta con el instrumento
2		Documento de aprobación
2	Registro fotográfico	
3		

Con la información recolectada en las fichas planteamos la propuesta de clasificación para las áreas degradadas contenida en la Tabla 3.

Criterios por extensión del área degradada	
1	De 20 ha a más
2	< a 20 a 5 ha
3	< a 5 a 1 ha
4	< 1 ha

Se evaluó la información consignada en las fichas, respecto de las áreas degradadas a ser reconvertidas, que cuentan con todos los criterios establecidos por el Minam; señalando que, en aquellas áreas que no cumplan con los criterios dispuestos por el Reglamento de la Ley, para la reconversión de las áreas degradadas, corresponderá su recuperación.

4.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

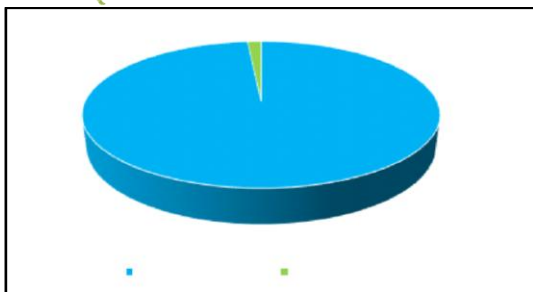
En Perú hay 1 585 áreas degradadas por residuos sólidos municipales, identificadas, categorizadas y georeferenciadas; así también, se ha determinado que aproximadamente 1 977.52 hectáreas de territorio nacional peruano, se encuentran afectadas por la inadecuada disposición final de residuos sólidos municipales, el mismo que en porcentaje equivale a $0.153 \times 10^{-7} \%$.



El Perú está dividido en 24 departamentos, y 196 provincias, la Provincia de Chiclayo del departamento de Lambayeque, cuenta con el área degradada por residuos sólidos municipales, denominada “Pampa de Reque”, más extensa del país, reportando una superficie de 307 hectáreas afectadas. Sin embargo, también se cuenta con información respecto de 1 345 áreas degradadas con extensión menor a 1 hectárea.

	Nº de áreas degradadas por rango de extensión
	16
	40
	184
	1345

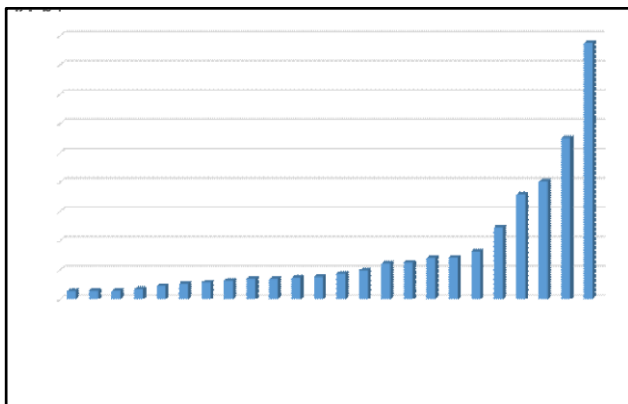
De las 1 585 áreas degradadas por residuos sólidos municipales, 27 de ellas tienen una extensión aproximada de 29.29 hectáreas les corresponde reconversión y las restantes 1 558 áreas degradadas les corresponde la categoría de recuperación, las que tienen 1 948.23 hectáreas.

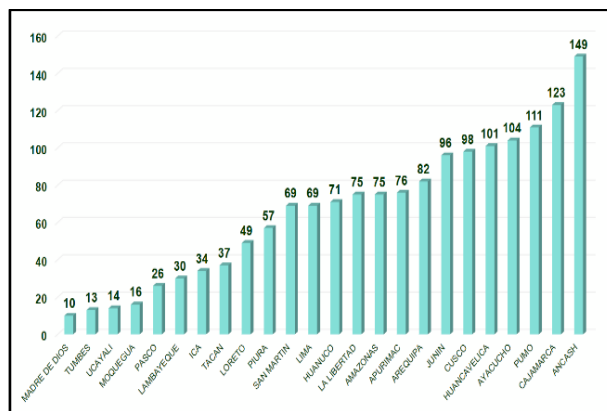


A continuación, se muestra una Tabla 5, con la cantidad de hectáreas degradadas por residuos sólidos municipales existentes en Perú, por departamento, tanto aquellas categorizadas para su recuperación como para su reconversión en rellenos sanitarios.

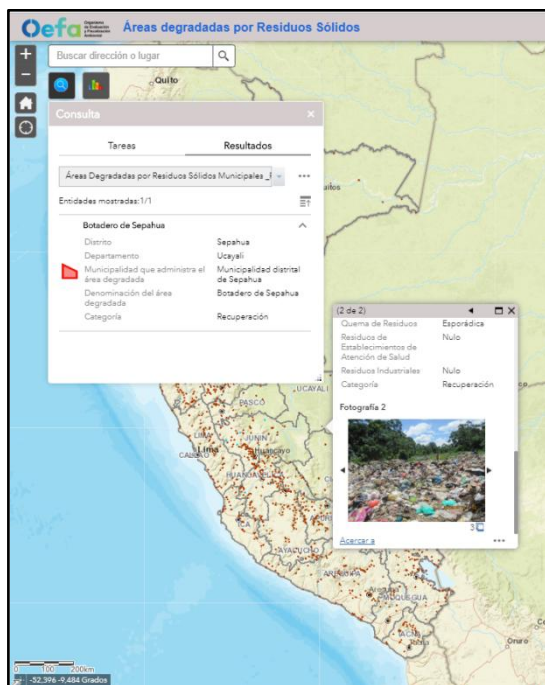
N°	Departamento	Reconversión	Recuperación	Total
1	Amazonas	0.16	26.67	26.83
2	Ancash	1.38	69.45	70.83
3	Apurímac	1.18	13.15	14.33
4	Arequipa	0	81.55	81.55
5	Ayacucho	1.38	35.80	37.18
6	Cajamarca	0	32.05	32.05
7	Cusco	2.86	41.34	44.2
8	Huancavelica	3.31	31.70	35.01
9	Huánuco	0.95	14.31	15.26
10	Ica	0	275.73	275.73
11	Junín	9.36	52.42	61.78
12	La Libertad	0	122.70	122.7
13	Lambayeque	0	438.08	438.08
14	Lima	0	179.13	179.13
15	Loreto	0	14.69	14.69
16	Madre de Dios	0	23.17	23.17
17	Moquegua	0	35.07	35.07
18	Pasco	1.24	16.22	17.46
19	Piura	0	201.31	201.31
20	Puno	5.48	65.97	71.45
21	San Martín	1.99	47.49	49.48
22	Tacna	0	38.45	38.45
23	Tumbes	0	62.76	62.76
24	Ucayali	0	29.02	29.02
Total		29.29	1 948.23	1977.52

El departamento con mayor cantidad de hectáreas pasibles para su reconversión y recuperación es Lambayeque, con 438.08 hectáreas, y el departamento con menor cantidad de hectáreas afectadas es Apurímac.





Se evidenció la necesidad de visualizar el inventario a través de una plataforma virtual, de acceso público, que proporciona información detallada de los atributos anteriormente mencionados, y la categoría establecida para cada área degradada, sea para su recuperación o reconversión en relleno sanitario; adicionalmente se incorporó fotografías de las áreas degradadas.



5.- CONCLUSIONES

- ✓ El Inventario Nacional de Áreas Degradadas por Residuos Sólidos Municipales, constituye el registro de los lugares que son o fueron empleados por las municipalidades distritales y provinciales para la disposición final de residuos sólidos municipales.
- ✓ Se han identificado 1 585 áreas degradadas, a nivel nacional.
- ✓ Se tiene aproximadamente 1 977 hectáreas de territorio nacional, afectadas por la inadecuada disposición final.
- ✓ Veintisiete áreas degradadas, con 29.29 hectáreas, son pasibles de reconversión a rellenos sanitarios; y, 1 558 áreas, que son 1948.23 hectáreas deben ser recuperadas.
- ✓ Existe un área degradada con 307 hectáreas; y, de otra parte, 1 345 áreas degradadas con extensión menor a 1 hectárea.

6.- REFERENCIAS

- (i) Decreto Legislativo N° 1278. (2016). Aprueba la *Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos*, Perú.
- (ii) Decreto Supremo N° 014-2017-MINAM (2017). Aprueba el *Reglamento de la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos*, Perú.
- (iii) Resolución de Consejo Directivo N° 026-2018-OEFA/CD. Aprueba el *Inventario nacional de áreas degradadas por residuos sólidos municipales*. Perú.
- (iv) Ministerio del Ambiente, Perú (Minam 2017). *PEI Iniciativa de Pobreza medio ambiente 2017 - Gestión Integral de Residuos Sólidos para el Desarrollo Sostenible e Inclusivo*.
- (v) <http://www.minam.gob.pe/gestion-de-residuos-solidos/listado-de-rellenos-sanitarios-a-nivel-nacional/> (Minam 2019, Lima, Perú).
- (vi) <https://oefta.maps.arcgis.com/apps/webappviewer/index.html?id=6a530906bcd44d388d6c032d7cb844a> *Inventario nacional e áreas degradadas por residuos sólidos municipales* (OEFA 2018).

STUDY OF THE PRODUCTION AND USE OF THE BIOGAS GENERATED IN THE SANITARY LANDFILL OF PALMAS - TO

Marcel Sousa Marques^{1*}, Marcelo Mendes Pedroza², João Evangelista Marques Soares³, Aurélio Pessoa Picanço⁴, Antônio Adeluzio Gomes Azevedo⁵, Camila Ribeiro Rodrigues⁶

^{1,4,6} Universidade Federal do Tocantins – UFT

² Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins – IFTO

³ Instituto 20 de Maio de Ensino, Ciência e Tecnologia – Escola de Governo de Palmas (EGP)

⁵ Prefeitura Municipal de Palmas – TO

* Autor corresponsal: Coordenação de Meio Ambiente, Instituto Federal do Tocantins – Campus Palmas – Quadra 310 Sul, Lo 5, s/n – Plano Diretor Sul, Palmas – TO. Brasil. Email: marcel.sousa@uft.edu.br

Abstract:

The objective of this work was to evaluate the production and energy utilization of the biogas produced by the Landfill of Palmas - TO, using the LANDGEM model, proposed by the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC, 2001). Thus, according to the development of the present study, it is possible to supply about 3,251 residences with electricity generated by biogas, thus transmitting, in the real viability of the energetic use of the biogas generated by the Palmas - TO Sanitary Landfill.

Keywords: Landfill, Biogas, Renewable Energies.

ESTUDO DA PRODUÇÃO E DO USO DO BIOGAS GERADO NO ATERRO SANITÁRIO DE PALMAS - TO

Resumo

O objetivo deste trabalho foi avaliar a produção e aproveitamento energético do biogás produzido pelo Aterro Sanitário de Palmas – TO, por meio do modelo LANDGEM, este, proposto pelo Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC, 2001). Assim, conforme desenvolvimento do presente estudo, torna-se possível abastecer cerca de 3.251 residências com energia elétrica gerada pelo biogás, transmitindo assim, na real viabilidade do aproveitamento energético do biogás gerado pelo Aterro Sanitário de Palmas, Tocantins.

Palavras-Chave: Aterro Sanitário, Biogás, Energias Renováveis.

1.- Introdução

A crescente urbanização assistida no Brasil nos últimos anos, tem contribuído para o agravamento dos conflitos socioambientais referentes ao uso e ocupação dos bens naturais de forma inadequada (MARQUES, 2016). A produção exacerbada de RSU, resultantes do processo de consumo desenfreado, assim como, no estilo de criação de produtos com baixo ciclo de vida, tem

contribuído negativamente para a criação de áreas de descarte inadequado dos RSU, depreciando ambientalmente a área de influência direta desse descarte, e desvalorizando financeiramente e paisagisticamente o local de descarte inadequado (LOPES, 2007).

A degradação física e biológica desses resíduos, além de proporcionarem a proliferação de odores, também apresentam como subproduto, emissões de gases atmosféricos, em especial o CH_4 , correspondendo valores superiores a 60% de concentração nessa mistura gasosa (AGEITEC, 2018).

O aproveitamento ambiental e energético do biogás produzido em Aterros Sanitários, além de contribuir para a redução das emissões atmosféricas em Aterros de RSU, também contribui para a diminuição do aquecimento global, uma vez que o CH_4 presente na mistura gasosa é cerca de 21 vezes mais poluente que o CO_2 (IPCC, 2007).

O aproveitamento ambiental do biogás, produzido por Aterros Sanitários, além de contribuir para a diversificação da matriz energética brasileira, também reduz significativamente a dispersão de poluentes atmosféricos gerados pelos Aterros Sanitários, contribuindo para o franco desenvolvimento de um modelo energético sustentável, e possibilitando que um combustível antes descartado, sem nenhum aproveitamento energético, seja aproveitado para a geração de potencial elétrico (MACIEL, 2009).

Os estudos referentes ao aproveitamento de biogás provenientes de Aterros Sanitários são vistos como um desafio ainda a ser vencido no Brasil, uma vez que os projetos existentes, são desenvolvidos conforme tecnologias internacionais, onde, os parâmetros técnicos necessários para a sua execução não condizem com as características de projeto, operacionais e dos resíduos dispostos nos Aterros brasileiros, inviabilizando assim, a sua execução (MACIEL, 2009).

Assim, o estudo do aproveitamento energético do biogás gerado pelo Aterro Sanitário de Palmas - TO, mostra-se como uma importante alternativa de aproveitamento energético do biogás proveniente do Aterro Sanitário, como fonte de geração sustentável de energia elétrica, a partir de uma matriz energética em franco desenvolvimento.

2.-Metodologia

O presente estudo foi desenvolvido no Aterro Sanitário do município de Palmas – TO, localizado a aproximadamente a 26 km do centro administrativo do município, onde, segundo informações repassadas pela Secretaria Municipal de Infraestrutura e Serviços Públicos do município de Palmas - TO, conta com uma área de aproximadamente 92.914 hectares onde são destinados Resíduos Sólidos Urbanos produzidos no município.

Para a análise da estimativa do crescimento populacional do município de Palmas, foram utilizados dados dos Censos Demográficos do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2018), em conjunto com dados disponibilizados pelo Plano Municipal de Saneamento Básico de Palmas (PALMAS, 2014).

O método utilizado para a projeção populacional do município, foi a de Taxas Geométricas de Crescimento Anual (TGCA), devido a característica intrínseca do município em não crescer conforme as características comuns das demais capitais brasileiras.

Assim, a partir da evolução da população urbana do município de Palmas, atendida pelos serviços de limpeza pública e manejo de resíduos sólidos urbanos, foi possível estimar-se a evolução da população efetivamente atendida pelos programas de saneamento urbano municipais, num horizonte de projeto de 25 anos, conforme a capacidade da vida útil do Aterro Sanitário de Palmas.

Para a elaboração da estimativa da geração de resíduos sólidos urbanos para o município de Palmas – TO, uma projeção de 25 anos da vida útil do Aterro Sanitário foi adotada, conforme horizonte de projeto demonstrado pelo Plano Municipal de Saneamento Básico do Município (PALMAS, 2014), abrangendo uma coleta de 100% (cem por cento) dos resíduos produzidos pelos habitantes do município.

Para a elaboração do índice per capita de geração de RSU, foi adotado o valor disponibilizado pelo último Panorama de Resíduos Sólidos no Brasil 2015, da Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE, 2016), de cerca de 1,071 kg/hab./dia.

De posse dos dados da estimativa populacional para o município de Palmas – TO, em conjunto com o índice de geração de resíduos, tornou-se possível a obtenção do prognóstico da quantidade de resíduos sólidos urbanos gerados no município, considerando um incremento adicional de 1% no índice de geração de resíduos, em relação ao seu ano anterior.

Para a mensuração da estimativa teórica da geração de biogás no Aterro Sanitário de Palmas - TO foi utilizado o modelo LANDGEM, modelo este, proposto pelo Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC, 2001), estabelecendo a seguinte Equação 1 para a geração de metano no Aterro em cada ano amostral estudado:

$$QCH_4^i = (PopUrb \times Taxa\ RSU \times RSDf \times L_0 - R) \times (1 - OX)$$

Onde:

QCH_4 = quantidade de metano emitido [CH_4 /ano];

i = ano amostral estudado;

PopUrb = número de habitantes residentes na área urbana [habitantes];

Taxa RSU = resíduos sólidos urbanos gerados [ton/hab.ano];

RSDf = fração dos resíduos que é coletada e depositada no Aterro Sanitário [%];

L_0 = potencial de geração de metano dos resíduos [ton. CH_4 /ton.rsu];

R = metano que é captado e aproveitado [ton. CH_4 /ano];

OX = fator de oxidação do metano na superfície do Aterro Sanitário.

3.- Resultados e Discussão

Os valores obtidos através da modelagem ambiental das emissões de biogás gerado em Aterros Sanitários, por meio do modelo LanGEM, demonstram os dados das emissões atmosféricas dos principais gases gerados pela decomposição anaeróbia da matéria orgânica confinada no interior do maciço de resíduos, dentre os quais, o metano, destaca-se como sendo o componente com o maior poder calorífico para ser aproveitado na geração de energia elétrica.

A Figura 1, demonstra o resultado da estimativa da geração dos principais gases presentes na mistura do biogás por meio da modelagem ambiental pelo software LandGEM. Os valores descritos no gráfico, representam a estimativa da geração de cada gás produzido pela degradação da matéria orgânica confinada no interior do maciço de resíduos, podendo ser alterada de acordo com a operação cotidiana das rotinas de acomodação final da massa de resíduos nas células operantes no Aterro.

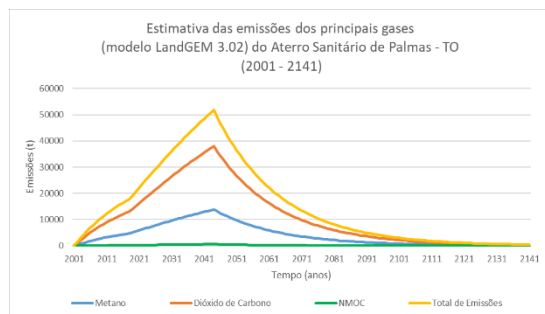


Figura 1: Gráfico da estimativa das emissões dos principais gases (modelo LandGEM 3.02) do Aterro Sanitário de Palmas – TO (2001 – 2141). Fonte: IBGE. Censo Demográfico 1991, 2000 e 2010; Projeção Populacional do PMSB de Palmas - TO; Modelagem matemática gerada pelo Software LandGEM.

De acordo com os dados apresentados pela Figura 1, a geração máxima de biogás produzida no Aterro se dá no ano de 2044, ano este, que representa o primeiro ano após encerramento da descarga da matéria orgânica na célula do Aterro, com uma produção de cerca de 13.834,08 toneladas de metano, 37.957,48 toneladas de dióxido de carbono, 594,62 toneladas de NMOC (compostos orgânicos não metálicos).

Ainda, de acordo com os dados apresentados pela Figura 1, no ano de 2141 a geração de emissões atmosféricas pelo Aterro Sanitário de Palmas – TO será ínfima, resultante da falta de nutrientes e matéria orgânica carbonácea disponível no interior do maciço de resíduos, para a reação dos microrganismos estabilizadores da matéria orgânica e das cepas metanogênicas.

Na falta de dados concretos acerca da quantidade de resíduos sólidos urbanos dispostos no Aterro Sanitário de Palmas – TO, desde o início de sua operação em meados do ano de 2001, foi considerado que o mesmo recebia cerca de 150 toneladas/dia de resíduos sólidos urbanos até o ano de 2018, ano este, que está sendo considerado como ano norteador para a estimativa do aproveitamento energético do biogás gerado pelo Aterro Sanitário em estudo.

A Figura 2, demonstra a estimativa da emissão de metano, obtida através da modelagem ambiental das emissões de biogás gerado em Aterros Sanitários por meio do modelo LandGEM. A produção de metano durante toda a vida útil de produção do Aterro, atinge cerca de 450.113.598,6 m³, onde, a partir daí a quantidade desse gás, produzido pelo Aterro, começa a diminuir devido a indisponibilização da matéria orgânica confinada no interior do maciço de resíduos, disponível para o processo de metanogênese.

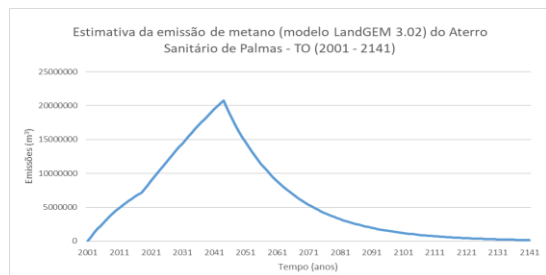


Figura 2: Estimativa da emissão de metano (modelo LandGEM 3.02) do Aterro Sanitário de Palmas – TO (2001 – 2141). Fonte: IBGE. Censo Demográfico 1991, 2000 e 2010; Projeção Populacional do PMSB de Palmas - TO; Modelagem matemática gerada pelo Software LandGEM.

4.- Equivalência energética do biogás gerado no Aterro Sanitário de Palmas

Para a modelagem matemática da equivalência energética do biogás gerado no Aterro Sanitário de Palmas – TO, foram utilizados os dados referentes ao motogerador LANDSET, que segundo informações do fabricante, possui uma eficiência de conversão elétrica de 28%, gerando uma potência de 200 kW em cada módulo operante a ser instalado (BRASMETANO, 2018).

Assim, a partir do cálculo da potência gerada pelo motogerador, tornou-se possível obter a vazão mínima de aproximadamente 134 m³/h, para abastecer um motogerador com potência de 200 kW.

Segundo Figueiredo (2007), a eficiência da coleta do biogás é de aproximadamente 75%. Entretanto, a maioria dos cálculos de equivalência energética para biogás de Aterros Sanitários, consideram que 100% (cem por cento) do biogás coletado é direcionado para o sistema de distribuição, tratamento e aproveitamento energético, sendo assim, impossível de considerar-se uma alta eficiência devido as perdas inerentes ao processo.

O funcionamento do conjunto motogerador LANDSET, proporciona a geração de 200 kw de energia elétrica, se o conjunto operar de forma ininterrupta em todo mês, sendo possível gerar 432 MW de energia elétrica mensais com a produção atual de biogás gerado pelo Aterro Sanitário de Palmas – TO.

Segundo dados disponibilizados pelo último Anuário Estatístico de Energia Elétrica de 2017 – ano base 2016, da Empresa de Pesquisa Energética (EPE, 2017), o consumo médio mensal de energia elétrica domiciliar no Brasil foi de 132,872 kWh. Assim, com base nos valores de energia elétrica a ser gerada pelo Aterro Sanitário de Palmas, torna-se possível abastecer cerca de 3251 residências, com a geração de biogás atual no Aterro.

5. Considerações finais

A partir da modelagem ambiental do método de estimativa de geração de biogás para Aterros de Resíduos Sólidos, disponibilizado pelo IPCC (2001), pode-se concluir que o município de Palmas – TO, possui uma considerável geração de biogás em seu Aterro Sanitário, conforme demonstrado pelo presente estudo.

Assim, conforme a modelagem da produção de biogás e a sua subsequente conversão em energia elétrica, com a geração atual de biogás do Aterro Sanitário de Palmas – TO, torna-se possível abastecer cerca de 3.251 residências com a produção atual de biogás gerado pelo Aterro, conforme demonstrado pela execução do presente trabalho, transmitindo assim, na real viabilidade do aproveitamento energético do biogás gerado pelo Aterro Sanitário de Palmas – TO.

8.- REFERENCIAS



- ABRELPE. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2015**, 2016. Disponível em: <http://www.abrelpe.org.br/panorama_apresentacao.cfm>. Acesso em: 01 Novembro 2016.
- ABRELPE. Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2017. **Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais**, 2018. Disponível em: <<http://abrelpe.org.br/panorama/>>. Acesso em: 26 nov 2018.
- AGEITEC. **Agência Embrapa de Informação Tecnológica**. Brasília: EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 2018. Disponível em: <<http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/agroenergia/arvore/CONT000fbl23vn102wx5eo0sawqe3qf9d0sy.html>>. Acesso em: 19 jun 2018.
- BRASMETANO. BRASMETANO (Bioenergia + Sustentabilidade). **Motogeradores a Biogás**, 2018. Disponível em: <http://www.brasmetano.com.br/equipamentos/geradores_energina_biogas.php?lang=ptbr>. Acesso em: 31 out 2018.
- EPE. Anuário Estatístico de Energia Elétrica 2017 - ano base 2016. **Empresa de Pesquisa Energética**, 2017. Disponível em: <<http://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-160/topico-168/Anuario2017vf.pdf>>. Acesso em: 31 jul 2018.
- FIGUEIREDO, N. J. V. D. **UTILIZAÇÃO DO BIOGÁS DE ATERRO SANITÁRIO PARA GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA E ILUMINAÇÃO A GÁS – ESTUDO DE CASO**. São Paulo: Monografia (Bacharelado em Engenharia Mecânica), Escola de Engenharia da Universidade Presbiteriana Mackenzie, 2007. Disponível em: <<http://143.107.4.241/download/publicacoes/Natalie.pdf>>. Acesso em: 30 jul 2018.
- IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - MINISTÉRIO DO PLANEJAMENTO, ORÇAMENTO E GESTÃO. **Palmas - TO**, 2018. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/to/palmas/panorama>>. Acesso em: 27 jul 2018.
- IPCC. Climate Change 2001: The Scientific Basis. Genebra: International Panel on Climate Change, 2001. Disponível em: <<http://planning.lacity.org/eir/CrossroadsHwd/deir/files/references/C28.pdf>>. Acesso em: 02 jul 2018.
- IPCC. **Mudança do Clima 2007: Mitigação da Mudança do Clima**. Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas. Genebra, p. 42. 2007.
- LOPES, A. A. **Estudo da gestão integrada dos resíduos sólidos urbanos na bacia Tietê-Jacaré (UGRHI-13)**. São Carlos - SP: Tese (Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2007. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18139/tde-04032008-125517/publico/Tese_AdrianaAntunesLopes.pdf>. Acesso em: 08 fev 2018.
- MACIEL, F. J. **Geração de biogás e energia em aterro experimental de resíduos sólidos urbanos**. Recife: Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Pernambuco, 2009. Disponível em: <<https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/5213>>. Acesso em: 19 jun 2018.
- MARQUES, M. S. **Diagnóstico ambiental, avaliação estrutural e operacional da área de disposição final dos resíduos sólidos urbanos em Rio Verde - GO**. Rio Verde: Monografia (Bacharelado em Engenharia Ambiental) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, 2016.
- PALMAS. **DECRETO Nº 700 de 15 de janeiro de 2014**. Palmas: Publicado no Diário Oficial do Estado do Tocantins, 2014. 3 p. Disponível em: <<https://legislativo.palmas.to.gov.br/media/leis/DECRETO%20N%C2%BA%20700-2014%20de%2015-01-2014%2017-14-56.pdf>>. Acesso em: 24 fev 2018.