

Artículo Original

**EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS DE TRATAMIENTO DE
RESIDUOS SÓLIDOS DE ACTIVIDADES TURÍSTICAS
EMPLEANDO ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA**

**SOLID WASTE TREATMENT ALTERNATIVES FOR TOURISM ACTIVITIES
EVALUATION USING LIFE CYCLE ANALYSIS**

Teresa Margarita Cárdenas-Ferrer^{1*} <https://orcid.org/0000-0003-2054-3136>

María Belén Muñoz Menéndez² <https://orcid.org/0000-0001-5780-7049>

Ronaldo Francisco Santos-Herrero³ <https://orcid.org/0000-0002-5009-2084>

Ana Margarita Contreras-Moya³ <https://orcid.org/0000-0001-9374-9376>

Elena R. Rosa Domínguez³ <https://orcid.org/0000-0002-5371-0976>

Karla Regla Rodríguez Marroquí⁴ <https://orcid.org/0000-0002-5178-8075>

Alexander Durán Martínez⁵ <https://orcid.org/0000-0002-9331-0942>

¹ Secretaría General, Facultad de Química y Farmacia. Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas. Cuba Carretera a Camajuaní, Km 5 ½, Santa Clara, Villa Clara, Cuba.

² Departamento Educación Continua, Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, Vía San Mateo Parroquia Manta, Manabí, Ecuador.

³ Departamento de Ingeniería Química, Facultad de Química y Farmacia. Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas, Carretera a Camajuaní, km 5 ½, Santa Clara, Villa Clara, Cuba.

⁴ Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente (CITMA) de Ciego de Ávila. Joaquín de Agüero entre Maceo y Simón Reyes No 116, Ciego de Ávila. Cuba.

⁵ Departamento de Licenciatura en Química, Facultad de Química y Farmacia. Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas, Carretera a Camajuaní, km 5 ½, Santa Clara, Villa Clara, Cuba.

Recibido: Septiembre 5, 2019; Revisado: Octubre 22, 2019; Aceptado: Noviembre 28, 2019

RESUMEN

Introducción:

La actividad turística genera residuos que impactan sobre el medio ambiente. Entre estos, ocupan un por ciento importante los clasificados como residuos sólidos urbanos. En el caso de las zonas costeras con actividad turística, el manejo integral de los residuos generados por la actividad humana y los fenómenos naturales, requieren de un eficiente sistema de gestión.

Objetivo:

El objetivo del trabajo es la evaluación de los impactos negativos asociados al actual sistema de gestión de los residuos generados en una zona turística y la valoración de las



Copyright © 2020. Este es un artículo de acceso abierto, lo que permite su uso ilimitado, distribución y reproducción en cualquier medio, siempre que la obra original sea debidamente citada.

* Autor para la correspondencia: Teresa M. Cárdenas, Email: tcardenas@uclv.cu



alternativas de tratamiento empleando el Análisis de Ciclo de Vida.

Materiales y métodos:

El Análisis de Ciclo de Vida utilizando el Eco indicador 99 y diseñar el vertedero utilizando las normas de vertimientos de los residuos sólidos vigentes en la República de Cuba.

Resultados y Discusión:

Los resultados del análisis demostraron la disminución de los impactos ambientales y la reducción tanto de la carga contaminante como de los impactos asociados a la gestión de los residuos sólidos. La clasificación y reúso de materiales en la planta de transferencia, logra disminuir la cantidad de residuos a disponer en el vertedero, a la vez que se generan ganancias económicas.

Conclusiones:

El Sistema de Gestión de la zona turística después de implementadas las alternativas, muestran disminución en todas las categorías de impactos. Los cálculos económicos, del sistema de gestión propuesto arrojaron ganancias de \$ 1 624 462,11 en un año y un período de recuperación de la inversión de 0,35 años.

Palabras clave: Dióxido de Carbono (CO₂); Metano (CH₄); Residuos Sólidos.

ABSTRACT

Introduction:

Tourist activity generates wastes that impact the environment. Among these, the classified as urban solid wastes occupy an important percentage. In coastal areas with tourist activity case, the integral management of wastes generated by human activity and natural phenomena, requires an efficient management system.

Objective:

To evaluate the impacts associated with current solid wastes management system generated in a tourist area, as well as treatment alternatives evaluation using Life Cycle Analysis.

Materials and Methods:

The Life Cycle Analysis using Eco indicator 99 and the landfill design using the Republic of Cuba's regulations for solid waste dumping.

Results and Discussion:

The results of analysis demonstrate the environmental impacts reduction, the pollutant load reduction and the impacts associated with solid waste management. classification and reuse of materials in transfer plant, reduces the amount of waste to be disposed in the landfill, while generating economic gains.

Conclusions:

The tourist zone management system after implementing the alternatives, show a decrease in all impacts categories.

Proposed management system economic calculations yielded earnings of \$ 1 624 462.11 per year and a period of investment recovery of 0.35 years.

Keywords: Carbon Dioxide (CO₂); Methane (CH₄); Solid Waste (SW).

1. INTRODUCCIÓN

Los sitios turísticos tienen actividades muy diversas que influyen en la cantidad y el tipo de residuos sólidos que se generan. Los centros turísticos que tienen como principal atractivo el mar, su infraestructura la conforman hoteles, restaurantes y comercios; es necesario trazar estrategias adecuadas para el manejo de los residuos sólidos generados, para reducir la contaminación en los ambientes costeros, factor importante que influye en el éxito de un lugar turístico (la limpieza del sitio) (Altamira y Muñoz, 2015), (Global Sustainable Tourism, 2015).

Ante la problemática de la generación de residuos, el turismo debe proporcionar soluciones innovadoras para ser más eficiente en el manejo de los recursos en el contexto de una economía circular, aumentando la eficiencia y reduciendo el consumo y la contaminación (Organización de Naciones Unidas para la educación, la ciencia y la cultura, 2017).

Entre los problemas ambientales generados por el turismo está la falta de planificación en el manejo de los residuos sólidos generados. En lugares insulares el turismo presenta saturación de las instalaciones de tratamiento o disposición final de los residuos, lo que obliga a buscar soluciones que minimicen esta problemática y los altos costos para el tratamiento de los mismos.

En el Polo Turístico se generan importantes volúmenes de residuos sólidos, el objetivo de este trabajo es la caracterización de los residuos generados y la propuesta de una alternativa viable para su tratamiento.

A partir del análisis realizado al sistema de gestión implementado para la recolección, transportación y disposición de los residuos sólidos en zona turística se propone, la construcción de una planta de transferencia en zonas aledañas al vertedero, así como la construcción del vertedero, lo que posibilitará la reducción de los volúmenes de residuos a disponer y con ello serán disminuidas las cargas contaminantes asociadas a la actividad.

Se prevé que la planta de transferencia requiera del acondicionamiento, necesario para la clasificación y reducción de la materia prima (residuos sólidos) que serán comercializados.

De acuerdo a la Guía Metodológica para el manejo adecuado de los residuos sólidos, propuesto por (Cárdenas y col., 2019), es importante que estos sean clasificados en el origen, lo que facilitará el proceso en la Planta de transferencia. Los desechos deben ser almacenados según las Disposiciones, Regulaciones y Normas Cubanas (NC 133, 2002) (NC 134, 2002), (NC 135, 2002) y (NC 530, 2007) establecidas sobre el almacenamiento, recolección, transportación, tratamiento y disposición final de los residuos sólidos urbanos, donde se incluye la disposición de desechos sólidos peligrosos (ISO 14040, 2006).

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Propuesta de alternativa de tratamiento de los residuos turísticos, alternativa 1 la planta de reciclaje y la alternativa 2 la construcción del vertedero.

2.1. Caracterización física y química de los residuos generados en zona turística

Los hoteles ubicados en el complejo turístico, generan altos volúmenes de residuos, no biodegradable los que pudieran ser utilizados como materia prima en otras producciones con un alto valor económico.

El cuarteo se realizó con tres personas según (Norma mexicana NMX-AA-015, 1985). Se dividió la muestra en cuatro partes, tomando las dos partes opuestas. La muestra menor se volvió a mezclar y se dividió nuevamente en cuatro partes, se escogieron los dos lados opuestos, repitiendo el proceso hasta obtener la muestra de más fácil manejo. Una vez realizada la caracterización física por el método del cuarteo, se calculan los porcentajes de cada componente teniendo en cuenta el peso total de los residuos recolectados en un día (W_t) y el peso de cada componente (P_i).

$$\text{Porcentaje \%} = \frac{P_i}{W_t} \cdot 100 \quad (1)$$

Donde:

P_i : peso de cada componente (kg)

W_t : peso total de los residuos recolectados en un día (kg)

El análisis químico se realiza con muestras obtenidas en tres hoteles representativos del sistema hotelero, en los laboratorios del Centro de Estudio de Química Aplicada (CEQA), de la Universidad Central “Marta Abreu” de las Villas.

A partir de la caracterización de los residuos sólidos generados se proponen dos alternativas de tratamiento, la construcción de una planta de transferencia para el reciclaje y la construcción del vertedero.

Para la construcción del vertedero se tiene en cuenta el sistemas de impermeabilización según la norma (UNE 104425, 2001).

Para el diseño del vertedero (alternativa 2) se tomaron en cuenta los siguientes cálculos.

2.2. Diseño del vaso de vertido

El vaso de vertido se diseña de media densidad con cobertura y se tendrá en cuenta lo tratado en la planta de transferencia, lo que disminuirá considerablemente la cantidad a disponer en el vertedero.

$$V = \frac{\text{Cantidad de residuos a disponer } \frac{kg}{\text{día}}}{\text{densidad de los residuos dispuestos } \frac{kg}{m^3}} \quad (2)$$

Las dimensiones del vaso de vertido son:

$$Vv = \text{largo} \cdot \text{ancho} \cdot \text{alto} \quad m^3 \quad (3)$$

Para el revestimiento se tiene en cuenta las condiciones existentes del vertedero y su ubicación cercana al mar.

Su dimensionamiento es:

$$V_{\text{lixiviados}} = P_m \cdot S_n \quad (l) \quad (4)$$

Donde:

$V_{\text{lixiviados}}$ (l)

P_m = precipitaciones máxima media mensual (l/m^2).

S_n = superficie del vertedero (m^2).

La alternativa 1 es la construcción de una planta de transferencia a la cual se le aplica el análisis económico de factibilidad.

Para los cálculos económicos se analiza la factibilidad de la inversión.

$$VAN = \sum_{i=1}^n \frac{FC_k}{(1+i)^n} - Inv. \quad (5)$$

La aplicación de la metodología de Análisis de Ciclo de Vida (ACV) al sistema de gestión de los residuos generados en zona turística según las normas (ISO 14040, 2006). Comprende.

- a) Definición del objetivo y alcance del estudio
- b) Inventario del ciclo de vida.

En el análisis de inventario del ciclo de vida (ICV), se cuantifican los consumos de materias primas y energía junto con los residuos sólidos, emisiones a la atmósfera y vertidos al agua derivados de todos los procesos que están dentro de los límites del sistema, en relación con la unidad funcional seleccionada. El nivel de detalle que se alcanza en el inventario depende de la disponibilidad de los datos y el nivel de complejidad con que se obtengan, pudiéndose aplicar una aproximación o simplificación de los mismos en los casos que sea necesario.

- c) Evaluación del impacto en el ciclo de vida.

Se utiliza el Software *Sima Pro 8.2* para evaluar las 11 categorías de impacto y las tres categorías de daño.

- d) Interpretación del estudio.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las características físicas de los residuos generados por la actividad turística, y la fuente que los genera son relacionadas en la tabla 1.

Tabla 1. Composición de los residuos sólidos generados en la zona turística

Componentes	Cantidad (kg/d)	%
Papel- Cartón	2061,53	14,48
Plástico	336,12	1,95
Textil	15,85	0,092
Envases de Cristal	2223,58	12,90
Latas Aluminio	165,47	0,96
Chatarra Cobre	106,87	0,62
Chatarra Bronce	99,97	0,58
Chatarra Acero	2185,66	12,68
Nylon	1389,35	8,06
Madera	236,15	1,37
Material Orgánico (fácil descomposición)	5276,27	30,61
Chatarra Plomo	408,51	2,37
Chatarra Electrónica	1478,94	8,58
Otros	818,76	4,75
Total	17 237,1	100

Se observa que el 40 % lo alcanzan los residuos sólidos que pueden ser reciclados como el plástico, las chatarras de acero, plomo, cobre, aluminio, textil, cristal que pueden ser reciclados, mientras que el material orgánico putrescible es de un 30 %.

Los índices de relación fueron calculados en la temporada de alta afluencia turística (noviembre a febrero), el estudio comprendió todo lo generado en las habitaciones en el mes de diciembre, como se muestra en la tabla 2.

Tabla 2. Índices de generación en hoteles de la zona turística

<i>Hotel</i>	<i>Índice de Generación por habitación (kg/habitación/día)</i>	<i>Cantidad de Desechos Generados en los hoteles (kg/día)</i>
Hotel 1	3,62	1836,3
Hotel 2	3,52	72,0
Hotel 3	3,62	1092,3
Hotel 4	3,62	1299,2
Hotel 5	3,62	3356,8
Hotel 6	3,62	4746,7
Hotel 7	3,62	4833,8
Total	-	17 237,1

Como muestra la tabla anterior en la zona turística se generan 17 237,1 kg/día lo que representa un total de generación de 17,237 t/día en temporada de alta afluencia turística.

Los resultados de la caracterización química, de los tres hoteles seleccionados para el estudio, se muestran en la tabla 3.

Tabla 3. Caracterización química de los Residuos Sólidos

<i>Análisis de las Muestras</i>	<i>X1 % Hotel 5</i>	<i>X1 % Hotel 7</i>	<i>X1 % Hotel 6</i>	<i>X Media %</i>
Humedad	79	80	72	76,66
Contenido de Carbono	50	51	43	48,00
Sólidos Sedimentables Totales	10	14	8	10,66
Sólidos Volátiles	80	82	78,4	80,13

3.1. Análisis de ciclo de vida al sistema de gestión de los residuos sólidos en la zona turística.

3.1.1. Unidad Funcional

La unidad funcional es la cantidad de residuos sólidos urbanos (RSU) generados en la ciudad en zona turística el año 2015 la cual equivale a 6291,54 t/año.

3.2. Caso de estudio, evaluación del actual Sistema de Gestión de los RSU y determinación de escenarios.

3.2.1. Alternativa 1: Planta de transferencia

Explotación y puesta a punto de la planta de transferencia, la cual fue diseñada y construida a partir de las recomendaciones realizadas en estudios anteriores por (Cárdenas y col., 2018) en la tabla 4.

Tabla 4. Alternativa 1, recuperación de residuos aprovechables en la planta de transferencia en un día

<i>Escenario</i>	<i>A1</i>
Recuperación de Papel y cartón (kg)	2061,53
Recuperación de Aluminio (kg)	165,47
Recuperación de cobre (kg)	106,87
Recuperación de hierro (kg)	2185,66
Recuperación de plástico (kg)	336,123
Recuperación de vidrio (kg)	2223,58
Emisiones de Metano (CH ₄) m ³	223 452,29
Emisiones de Dióxido de Carbono (CO ₂) m ³	162 510,75
Terreno utilizado (ha)	3
Distancia promedio de recorrido (km)	5
Al vertedero (kg)	10 058,027

La evaluación de los impactos ambientales, asociados al actual sistema de gestión, donde se clasifica, recupera y recicla parte de los residuos sólidos turísticos generados se utilizó el Software *Eco indicador 99*, el análisis a la ponderación demostró la minimización de los impactos ambientales, cuyos resultados se muestran en la tabla a continuación que comparan los indicadores actuales, con los obtenidos en estudios anteriores desarrollados por (Cárdenas y col., 2018), antes de instalación de la planta de transferencia.

En la tabla 5 aparece la comparación del proceso actual del sistema de gestión de los residuos sólidos turísticos y después de implementada la alternativa 1, la planta de transferencia (esta planta se encuentra instalada). En los resultados obtenidos en el análisis de Ciclo de Vida se observa la reducción de los impactos en la zona turística, donde están reflejadas las 11 categorías de impactos presentes en el *Eco-indicador 99*, el mayor impacto se registra en la transportación de los residuos, por el uso de combustibles fósiles.

Tabla 5. Comparación de los impactos asociados al Sistema de gestión de los residuos sólidos en la zona turística antes y después de instalada la planta de transferencia

<i>Categoría de impacto</i>	<i>Unidad</i>	<i>Gestión actual de los residuos sólidos turísticos</i>	<i>Después de implementada alternativa de tratamiento Residuos turísticos</i>
Total	Pt	1603,7194	-18863,493
Cancerígena	Pt	0,78094223	-349,09245

Resp. orgánicos	Pt	4,232522	-50,55024
Resp. inorgánicos	Pt	25,559479	-1510,3857
Cambio climático	Pt	1493,7097	-510,65304
Radiación	Pt	0,040739	-14,81214
Capa de Ozono	Pt	0,00271572	-6,7003689
Ecotoxicidad	Pt	2,603451	-224,65906
Acidificación/ Eutroficación	Pt	3,3501739	-193,19863
Uso del suelo	Pt	1,6867076	-112,60674
Minerales	Pt	0,70401289	-39,766199
Combustible Fósil	Pt	71,048916	-15851,068

Donde Pt son los puntos.

3.3. Alternativa 2: Vertedero.

En el vertedero los lixiviados que se generan producto de la descomposición de los residuos dispuestos, serán evacuados en una bolsa con un sistema de impermeabilización donde el dimensionamiento fue calculado según la norma (UNE 104425:2001) “Materiales sintéticos. Puesta en obra. Sistemas de impermeabilización de vertederos de residuos con láminas de polietileno de alta densidad”.

La superficie de la bolsa para la recolección de los lixiviados será de 600 m², la cual contara con un sistema de impermeabilización, donde se propone utilizar una lámina impermeable de PEAD de 1,5 mm.

La capacidad de la bolsa para el almacenamiento de los lixiviados es 64 500 l.

Se asume que al vertedero sólo irán 10 t/día de los residuos generados, por tanto solo será necesario un equipo para la compactación de los residuos que van al vertedero, se propuso un buldócer de 15 t del modelo pata de cabra, que alcanza una densidad de 0,8 t/m³, por tanto el vaso de vertido tendrá un volumen de 9000 m³.

Se propone un revestimiento artificial impermeable para el cual se debe utilizar una geomembrana de P.E.A.D. (polietileno de alta densidad) cuyas características son: membrana geo textil de 300 g/m², con espesor 1,5 mm, las capas serán de 4,5 mm cada una.

La capacidad de la planta de transferencia es de 75 t/día, el consumo de potencia está en el orden de 878,4 kW /d, (320 616,0 kW /año) y la fuerza de trabajo es de 13 personas.

Los equipos de la Planta de transferencia fueron seleccionados tomando en cuenta el consumo de cada uno de ellos, la capacidad de la planta y las necesidades de separación, y compactación de la planta.

El cálculo de la inversión Total (IT) es:

$$I_{TOTAL} = 210\,728,34 \$$$

3.4. Análisis de Rentabilidad.

A continuación en la tabla 6 se muestran los precios de venta, por kilogramo, del material recuperado a partir de los residuos sólidos generados en la zona turística, los cuales fueron procesados siguiendo la metodología de (Peters y Timmerhaus, 1991).

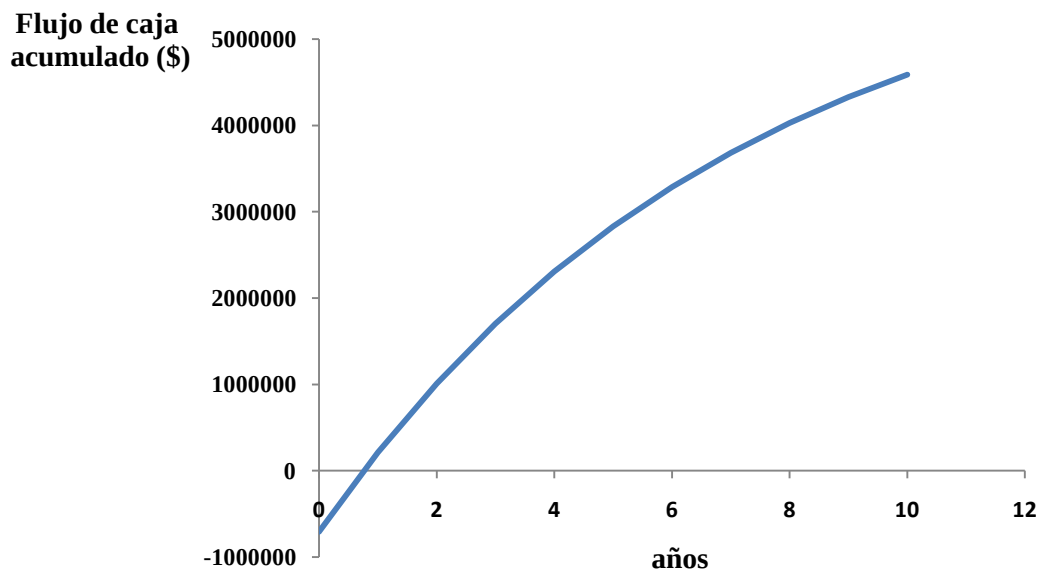
Tabla 6. Precios de los Productos, Co-productos y sub-productos

<i>Nombre del material</i>	<i>Precio (\$/kg)</i>	<i>kg/día</i>	<i>Monto Anual (kg/año)</i>	<i>Valor Anual del producto (\$)</i>
Papel y cartón	0,40	2061,53	752 458,45	255 835 ,87
Aluminio	2,30	165,47	60 396,55	138 912,06
Cobre	2,50	106,87	39 007,55	97 518.87
Plástico	0,83	336,12	122 683,80	101 827,55
Vidrio	1.00	2223,58	811 606,70	811 606,70
Textil	0,84	15,87	5 792,55	4 865,74
Acero	0,10	2185,66	797 765,90	79 776,59
Bronce	2,00	99,97	36 489,55	109 467,15
Plomo	0,07	408,51	149 106,15	10 437,43
Electricidad	0,04	1478,94	539 813,10	21 597,52
Valor total anual del producto				1 640 477,56

La ganancia es de 1 640 477,56 \$/año y el costo de producción estimado es de 520 797,78 \$/año.

3.4.1. Análisis de la inversión de la planta de transferencia.

En los requerimientos del mercado la demanda de los productos que pueden ser reciclados es alta y ascendente. El valor actual neto de \$ 2 461 504,57, el tiempo de recuperación es de 0,35 años.

**Figura 1.** Perfil del VAN

3.5. Análisis de la inversión

La Planta de transferencia instalada, para el reciclaje de la materia prima de rechazo, generada en los hoteles, presenta una demanda del producto ascendente, logrando por

este concepto ganancias económicas, ambientales y sociales, como aspecto a destacar la inversión se recupera aproximadamente en 0,35 años.

Con la implantación del nuevo Sistema de Gestión de los Residuos Sólidos con la política de reducir, reutilizar y reciclar, se propicia un consumo sostenible, en el uso de servicios y productos.

La ganancia económica viene dada porque se obtienen elementos recuperados que pueden ser utilizados en otros procesos productivos, permitiendo el ahorro de recursos y energía. La ganancia ambiental consiste que estos productos que antes eran enviados al vertedero, se aprovechan reduciendo con ello las cargas contaminantes por la descomposición de los mismos. En el aspecto social, los residuos que anteriormente se encontraban expuestos produciendo malos olores y generación de fauna nociva ahora se utilizan con un fin más útil, elaborando materiales con menos cantidad de recursos y mayor vida útil, además se reduce la explotación de los recursos no renovables y se evita la deforestación.

4. CONCLUSIONES

1. El Sistema de Gestión de la zona turística después de implementadas la construcción y puesta a punto de la planta de Transferencia, muestra una disminución en todas las categorías de impactos estudiadas como resultado del aprovechamiento de residuos sólidos que anteriormente contribuían a la contaminación del medio.
2. Se verificó mediante, cálculos económicos, que el nuevo Sistema de Gestión de los residuos sólidos, es factible ya que los análisis realizados arrojaron ganancias de 1 624 462,11 \$/año y un período de recuperación de 0,35 años.

AGRADECIMIENTOS

Al programa de Cooperación Institucional entre Universidades Flamencas de Bélgica (VLIR) y la Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas.

REFERENCIAS

- Altamira, R., y Muñoz, X., El turismo como motor de crecimiento económico., Anuario Jurídico y Económico Escurialense, Vol. XL, No. 40, 2015, pp. 677-710.
- Cárdenas, T., Santos, R., Contreras, A., Rosa, E. Alternativa de tratamiento en el Manejo Integral de los Residuos Sólidos en la Zona Turística Cayo Español., 3ra edición de la Convención y Exposición internacional de la Industria Cubana, 18 al 22 de junio 2018, Palacio de las Convenciones de La Habana, Cuba.
- Cárdenas, T., Santos, R., Contreras, A., Rosa, E., Propuesta metodológica para el sistema de gestión de los residuos sólidos urbanos en Villa Clara., Tecnología Química, Vol. 39, No. 2, 2019, pp. 463-483.
- Global Sustainable Tourism., Carta Mundial sobre el Turismo Sostenible + 20., Cumbre mundial en Vitoria-Gasteiz, 26 y 27 de noviembre de 2015, Barcelona, pp. 15-18.
- Organización de Naciones Unidas para la educación, la ciencia y la cultura., Declaración de Castellet sobre el turismo sostenible Mediterránea, 2017, pp. 3-4.

- Norma Mexicana NMX-AA-15-1985., Protección al ambiente - contaminación del suelo – residuos sólidos municipales - muestreo - método de cuarteo, pp. 1- 4.
- Norma Cubana 133., Residuos Sólidos Urbanos – Almacenamiento, Recolección y Transportación – Requisitos Higiénicos Sanitarios y Ambientales., La Habana, 2002, pp. 1-12.
- Norma Cubana 134., Residuos sólidos urbanos. Tratamiento. Requisitos higiénicos sanitarios y ambientales., La Habana, 2002, pp. 1-5.
- Norma Cubana 135., Residuos sólidos urbanos, disposición final. Requisitos higiénicos sanitarios y ambientales., La Habana, 2002, pp. 1-6.
- Norma Cubana 530., Manejo de Residuos Sólidos de las Instalaciones de Salud. Requisitos Higiénico Sanitarios y Ambientales., La Habana, 2007, pp. 1-5.
- Norma Cubana ISO 14040, Environmental management., Life Cycle Assessment. Assessment of Life Cycle Impact, National Office of Normalization. Havana City, Cuba, 2006, pp. 1-11.
- Mazzeo, N.M., Manual para la sensibilización y educación ambiental gestión integral de residuos sólidos urbanos., 1ra edición, Editorial San Martín: Instituto Nacional de Tecnología Industrial, Argentina, 2012, pp. 14-15.
- Peters, M.S & Timmerhaus, K.D., Plant Design and Economics for Chemical Engineers., Chapter 6: Cost Estimation, McGraw Hill International Editions, 1991, pp. 210-212.
- UNE 104425., Materiales sintéticos. Puesta en obra. Sistemas de impermeabilización de vertederos de residuos con láminas de polietileno de alta densidad., 2001, pp. 8-29.

CONFLICTO DE INTERÉS

Los autores declaran que no existe conflicto de interés.

CONTRIBUCIONES DE LOS AUTORES

- M.Sc. Teresa Margarita Cárdenas-Ferrer. Participó en la caracterización físico – química de los residuos generados en la zona turística. Escritura del artículo.
- M.Sc. María Belén Muñoz. Participó en la caracterización físico – química de los residuos generados en la zona turística.
- Dr.C. Ronaldo Francisco Santos-Herrero. Participó en la caracterización físico – química de los residuos generados en la zona turística.
- Dra.C. Ana Margarita Contreras-Moya. Realizó el análisis de ciclo de vida con el Software *Sima Pro 8.2*.
- Dra.C. Elena R. Rosa Domínguez. Realizó el análisis de ciclo de vida con el Software *Sima Pro 8.2*.
- Ing. Karla Regla Rodríguez Marroquí. Participó en la caracterización físico – química de los residuos generados en la zona turística.
- Lic. Alexander Durán Martínez. Participó en la caracterización química de los residuos sólidos y colaboró con la escritura del artículo.