

ESTUDIO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS PRODUCIDOS EN LA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE EL SALVADOR

Mario José Lucero Culi

Máster en Ciencias de la Ingeniería Química
mario.lucero@catolica.edu.sv
Docente Tiempo Completo
Facultad de Ingeniería y Arquitectura
Universidad Católica de El Salvador



Resumen

Este estudio de caracterización de los residuos sólidos producidos en la Universidad Católica de El Salvador¹ se basa en la necesidad de conocer los principales parámetros de análisis de los residuos. Esto con el objetivo de proponer medidas de tratamiento que aproveche el recurso latente en los desechos producidos. La caracterización se basó en los principales parámetros físicos y químicos. Los parámetros físicos fueron: producción per-cápita, composición física de residuos, contenido de humedad, peso específico; y los químicos: análisis físico, análisis elemental, contenido energético. El proceso para la determinación fue el establecimiento del periodo de realización del pesaje diario de los residuos por seis días continuos, dado que no se labora día domingo. Con el pesaje diario de residuos se obtuvo la producción per-cápita (PPC), a su vez se realizó la separación de componentes de los desechos y se conoció su porcentaje de composición en peso. Posteriormente se calcularon el resto de parámetros.

Los resultados obtenidos del ensayo denotan que la PPC de la UNICAES es de 0.05Kg/estudiante, con una composición de desechos distribuida de la siguiente manera: Cartón 10.6%, Papel 17.4%, Plástico: 25.3%, Residuos de comida 5.3%, Residuos de Jardín 37.4% y Corcho 4.1%. El contenido de humedad fue de 32.4%. La Fórmula química son las siguientes: Sin azufre, sin agua: $C_{71}H_{104}O_{33}N_1$; con agua: $C_{71}H_{173}O_{77}N_1$; con azufre, sin agua: $C_{909}H_{1339}O_{427}N_{13}S_1$; con agua: $C_{909}H_{2232}O_{992}N_{13}S_1$. con un Contenido Energético: 4033.57 Kcal/Kg

Palabras claves: Caracterización de residuos, residuos sólidos, Parámetros de Residuos sólidos

¹ A lo largo del estudio el autor se referirá a esta institución a través de sus siglas UNICAES.

Abstract

This characterization study of the solid waste produced in the Universidad Católica de El Salvador is based on the need to know the main parameters of analysis of the wastes. The purpose is to suggest treatment measures to take advantage of the resources in the solid waste produced. The characterization was based on the main physical and chemical parameters. The physical parameters were: production per capita, physical waste composition, moisture content, physical weight, and the chemical: chemical analysis, element analysis, energy content. The process for determination was the establishment process of daily weigh of the waste, except for the Sundays, which is a day off. With the daily weigh of the waste, we obtained the production per capita (PPC); at the same time, we separated the components of the waste to know the percentage of weight. After that, we calculated the rest of the parameters. The results of the tests denote that PPC of UNICAES is 0.05kg/student, with a composition distributes as follow: cardboard 10.6%, paper 17.4 %, plastic 25.3%, food waste 5.3%, garden waste 37.4%, corkboard 4.1%. The moisture was 32.4%. The chemical formulas were the following: without sulfur, without water $C_{71}H_{104}O_{33}N_1$; with water: $C_{909}H_{2232}O_{992}N_{13}S_1$. With an energy content: 4033.57 Kcal/Kg.

Key words: Waste characterization, solid waste, parameters of solid waste

1. Introducción

A nivel mundial, la creciente ambiental problemática exige soluciones integrales de ingeniería que contrarresten la contaminación ambiental y, a su vez, prevengan y preserven los recursos naturales existentes en una región.

Las diversas problemáticas ambientales mundiales no difieren mucho de país a país, las cuales se asocian al crecimiento incontrolado y desordenado de las ciudades.

Las principales problemáticas ambientales en El Salvador, de acuerdo al Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, establecidos en su Política de Medio Ambiente 2012 son:

- Degradación de ecosistemas de gran valor
- Insalubridad ambiental generalizada
- Crítico estado del recurso hídrico
- Desordenada ocupación del territorio
- Escasa cultura de responsabilidad y cumplimiento ambiental
- Amenaza climática creciente

Cada una de estas problemática demanda soluciones integrales que contribuyan a mejorar el estado del medio ambiente y por ende la calidad de vida de la población.

Las condiciones de insalubridad de las ciudades son ocasionadas principalmente por la mala disposición de aguas residuales y desechos sólidos, relacionados con el saneamiento ambiental.

A medida que crece la población del país se requiere que las medidas de saneamiento aplicadas sean más integrales, como es la gestión integral de recurso agua y la gestión integral de residuos, parte medular de esta investigación.

En cada país, cada persona o institución debe ser responsable del cuidado y protección del medio ambiente, por lo que se deben desarrollar políticas que reduzcan los residuos producidos por cada uno. Por esto, la Universidad Católica de El Salvador pretende gestionar de una mejor manera la producción de sus residuos sólidos, a través de este estudio.

Aquí se esboza una gestión integral de los residuos sólidos, partiendo de la caracterización de los mismos, hasta el planteamiento de medidas y soluciones que aporten en su disposición.

La UNICAES se cuenta con un área total 43 Mz; de las cuales 14 se encuentran urbanizadas. La Universidad cuenta con cuatro facultades en Santa Ana, sirviendo 20 carreras distribuidas en licenciaturas, ingenierías, técnicos y profesorados.

Sin embargo, en este recinto universitario se desconoce la tasa de producción de residuos sólidos y su composición.

En El Salvador, el tratamiento y disposición adecuada tomó relevancia a partir de la entrada en vigencia de la Ley de Medio Ambiente en el año 1998. Esta ley contempló diversos reglamentos acordes a cada uno de los tipos de problemáticas existentes (Aguas Residuales, Desechos Sólidos, entre otros).

La Ley de Medio Ambiente tiene por objeto:

Desarrollar las disposiciones de la Constitución de la República, que se refiere a la protección, conservación y recuperación del medio ambiente; el uso sostenible de los recursos naturales que permitan mejorar la calidad de vida de las presentes y futuras generaciones; así como también, normar la gestión ambiental, pública y privada y la protección ambiental como obligación básica del Estado, los municipios y los habitantes en general; y asegurar la aplicación de los tratados o convenios internacionales celebrados por El Salvador en esta materia.²

² Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (1998).

Esta legislación genera una serie de reglamentos que plantean soluciones a las diversas problemáticas ambientales de manera integral. Cada uno de estos reglamentos contempla diversas alternativas de tratamiento que ayudara a disminuir el impacto sobre el medio ambiente. En el caso específico de residuos sólidos se estableció el Reglamento Especial para el Manejo Integral de los Desechos Sólidos.

Este reglamento “tiene por objeto regular el manejo de los desechos sólidos. El alcance del mismo será el manejo de desechos sólidos de origen domiciliar, comercial, de servicios o institucional; sean procedentes de la limpieza de áreas públicas, o industriales similares a domiciliarios, y de los sólidos sanitarios que no sean peligrosos”.³

Los diferentes estatutos contemplan el manejo de los residuos hasta su disposición final, considerando la gestión de los mismos de forma integral, la cual es definida como: “Conjunto de operaciones y procesos encaminados a la reducción de la generación, segregación en la fuente y de todas las etapas de la gestión de los desechos hasta su disposición final”. Es decir, no solo se encarga de plantear al-

³ Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2000).

ternativas para la disposición, sino también formas de tratamiento previo a su vertido.

Otra definición acerca de la Gestión Integral de Residuos Sólidos es: “La selección y aplicación de técnicas, tecnología y programas de gestión idóneos para lograr las metas y objetivos específicos de gestión de residuos”.⁴ La jerarquía de la gestión integral de residuos se define de forma siguiente:

- Reducción en origen
- Reciclaje
- Transformación de residuos
- Vertido

Esta jerarquía contempla la reducción de la carga contaminante que poseen los residuos sólidos, pero para plantearla es importante conocer cuál es el origen de ellos. En una ciudad, estos pueden ser:

- Residuos domésticos
- Residuos institucionales (sector privado público)
- Residuos industriales
- Residuos comerciales

Cada uno ellos presenta características típicas, principalmente los residuos sólidos domésticos. Los residuos institucio-

⁴ Tchobanoglous, G.; Theisen, H. & Vigil, S. (1994).

nales dependerán del tipo y tamaño de institución, por ejemplo privada o pública, oficinas administrativas, universidades, etc.

Determinar el origen de los residuos producidos es importante, ya que existe mucha bibliografía con estudios acerca de la composición típica de acuerdo a esto, los cuales plantean los principales componentes encontrados en ellos.

La caracterización de residuos sólidos es de gran importancia para la proposición de medidas de tratamiento y reducción del poder contaminante de los mismos. El proceso de caracterización se agrupa en tres principales categorías: características físicas, características químicas y características biológicas.

Los principales parámetros físicos del proceso de caracterización son:

- Producción Per-cápita
- Composición de los Residuos
- Tamaño de Partícula
- Densidad Media de Residuos
- Contenido de Humedad

Los principales parámetros químicos a determinar en los residuos sólidos se muestran a continuación:

- Análisis Físico
- Punto de Fusión de las Cenizas
- Análisis Elemental
- Contenido Energético

2. Metodología

2.1 Introducción del material

Se utilizaron los desechos sólidos producidos en la UNICAES, coordinado con el encargado de limpieza el establecimiento de horarios de recogida para realizar su pesaje de forma simultánea.

2.2 Diseño Metodológico

El diseño de la investigación se realizó de la siguiente forma:

1. Planteamiento de los principales parámetros de caracterización de residuos:
 - Producción Per-Cápita (PPC)
 - Composición de los Residuos
 - Densidad Media de Residuos
 - Contenido de Humedad
 - Análisis Físico
 - Análisis Elemental
 - Contenido Energético

2. Análisis de cada una de las variables contempladas en la investigación.
3. Planteamiento de alternativas de tratamiento a los residuos típicos producidos en la UNICAES.

El procesamiento de la información se hizo a través de una hoja electrónica de Microsoft Excel para los datos estadísticos y para los cálculos.

2.3 Técnicas e Instrumentos

Determinación de características físicas y químicas de los residuos:

Este procedimiento se realizó con base en los ensayos de campo para la estimación de Producción Per-Cápita. En esta etapa se determinó la Composición Física de los Residuos, Contenido de Humedad, Composición Química de los Residuos y Poder Calorífico.

Técnicas para la estimación de Producción Per-Cápita:

Esta se realizó de acuerdo a lo sugerido por Jorge Jaramillo en su “Guía para el diseño, construcción y operación de rellenos sanitarios manuales”, publicado

en el año 2002 por parte de la Organización Panamericana de la Salud. El equipo a utilizado fue una pesa romana de 200 Kg.

El procedimiento fue el siguiente:

Etapa 1: Investigación de campo para la caracterización de residuos. Composición de Residuos, tasa de generación de residuos.

Etapa 2: Determinación de características físicas y químicas de los residuos con base en los resultados de la estimación de Producción Per-cápita.

Etapa 3: Análisis de cada una de los parámetros determinados en la caracterización de residuos (características físicas y químicas).

Etapa 4: Planteamiento de alternativas de tratamiento de acuerdo al tipo de residuos producidos en la UNICAES.

3. Resultados

3.1 Metodología de recolección

La metodología de recolección de desechos se realiza a través de depósitos ubicados en cada piso de cada edificio de la UNICAES.

Figura 1. Contenedores de colección de residuos sólidos



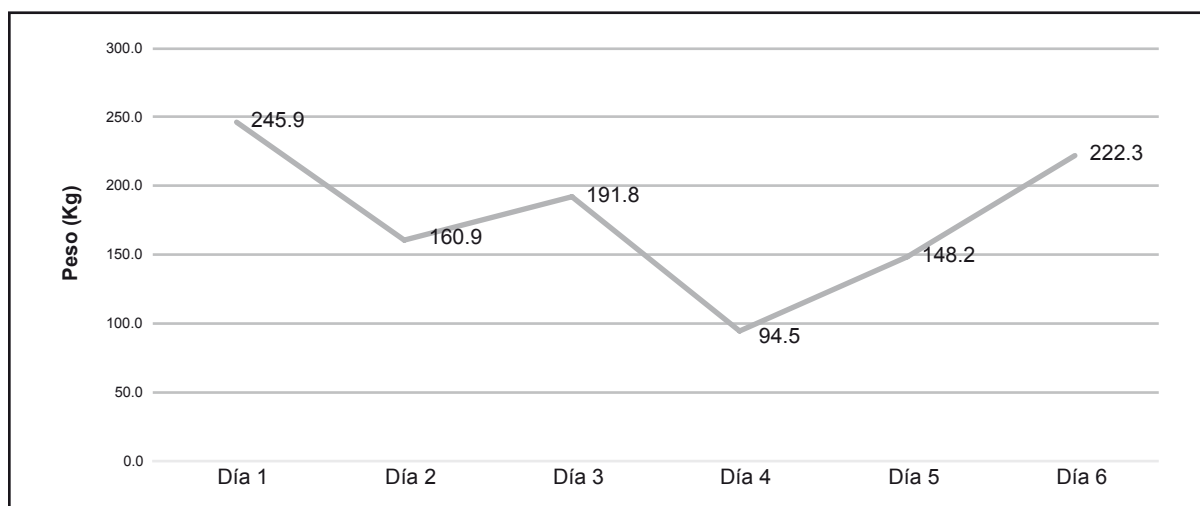
Fuente: Fotografía tomada en el campus de la UNICAES

Los contenedores utilizados para la recolección de los desechos se muestran en la figura 1; posee tres depósitos, uno para latas, metal y vidrio; otro para papel y cartón; y otro para materia orgánica. El problema no es con los contenedores, si no los estudiantes no están educados para separar los desechos, los cuales al final son recolectados de forma conjunta en un contenedor principal; para luego ser retirados por el camión recolector de desechos municipal.

3.2 Caracterización de Residuos Sólidos

- Producción Per-Cápita (PPC)

Los pesajes diarios de desechos se realizaron durante seis días continuos, dado que el día domingo no se encuentra abierta la Universidad a los estudiantes. El comportamiento de este se muestra en la figura 2.

Figura 2. Tendencia de los pesos diarios de los desechos.

Fuente: Elaboración propia

Resumen estadístico de los datos:

- Media 177.27
- Mediana 176.36
- Desviación estándar 54.59
- Mínimo 94.54
- Máximo 245.91

Los días de mayor producción de residuos fueron el día 1 y día 6, mientras que la menor producción ocurrió el día 4. El promedio de residuos fue de 177.27 Kg con una desviación estándar de 54.59.

La producción Per-Cápita de residuos se calculó con la ecuación 1⁵:

$$PPC = \frac{\text{Desechos Sólidos Producidos}}{\text{Pob. x No.de días x \%Cobertura}} \quad (\text{Ec. 1})$$

$$PPC = \frac{1063.3}{3611 \times 6 \text{ días} \times 1}$$

5 Jaramillo, J. (2002).

De acuerdo al resultado, la producción total de la semana fue de 1063.3 Kg, por lo que la Producción Per-Cápita se calculó de la siguiente manera:

Datos

Producción total de residuos: 1063.3 Kg

Población estudiantil: 3611

No. De días del estudio: 6 días

Porcentaje de cobertura: 100%

$$PPC = 0.05 \text{ Kg/Estudiante}$$

- Composición de los Residuos Sólidos

La composición de estos se realizó separando cada uno de los componentes encontrados en ellos, obteniendo el re-

sultado planteado en la tabla 1. Esta se realizó con una muestra de 34.1 Kg.

Tabla 1. Composición de los residuos sólidos producidos en la UNICAES

Material	Porcentaje en peso (%)
Cartón	10.7
Papel (Mezclado)	17.3
Plástico (Mezclado)	25.3
Residuos de Comida	5.3
Residuos de Jardín	37.3
Corcho (Poliestireno)	4.0
Muestra Total	100

Fuente: Elaboración propia

- Densidad Media de Residuos Sólidos

La densidad de los residuos obtenidos de la composición se muestra en la tabla 2.

Tabla 2 Densidad media de componentes de los residuos sólidos de la UNICAES

Tipos de Residuos	Peso específico, Kg/m ³
Residuos de comida (mezclados)	291
Papel	86
Cartón	50
Plásticos	65
Residuos de jardín	101

Fuente: Tchobanoglous, G.; Theisen, Hilary & Vigil, S. (1994).

- Contenido de Humedad

El contenido de humedad por componente se muestra en la tabla 3.

Tabla 3 Contenido de humedad por componente

Tipos de Residuos	Contenido en humedad, porcentaje en peso
Residuos de comida (mezclados)	70
Papel	6
Cartón	5
Plásticos	2
Residuos de jardín	60

Fuente: Tchobanoglous, G.; Theisen, Hilary & Vigil, S. (1994).

Se asume el corcho como plástico para efectos de cálculo del contenido de humedad. Este se muestra en la tabla 4.

Tabla 4 Cálculo del contenido de Humedad de la mezcla de residuos

Material	Peso (Kg)	Porcentaje en peso (%)	Contenido de Humedad %	Peso Agua (Kg)	Peso seco (Kg)
Cartón	3.6	10.70%	70	2.52	1.08
Papel (Mezclado)	5.9	17.30%	6	0.354	5.546
Plástico (Mezclado)	8.6	25.30%	5	0.43	8.17
Residuos de Comida	1.8	5.30%	2	0.036	1.764
Residuos de Jardín	12.7	37.30%	60	7.62	5.08
Corcho (Poliestireno)	1.4	4.00%	5	0.07	1.33
Muestra Total	34.0	100%		11.03	22.97

Fuente: Elaboración propia

Con la ecuación 2 se procedió a calcular el contenido de humedad de la siguiente manera:

$$\text{Cont. Humd.} = \left(\frac{w-d}{w} \right) \times 100 (\text{Ec. 2})$$

$$\text{Cont. Humd.} = \left(\frac{34 - 22.97}{34} \right) \times 100$$

$$\text{Cont. Humd.} = 32.44\%$$

- Análisis Físico

El análisis físico de los residuos sólidos se resume en la tabla 5.

Tabla 5 Análisis físico de los tipos de residuos encontrados

Análisis próximo, porcentaje en peso				
Tipos de Residuos	Humedad	Materia Volátil	Carbono Fijo	No Combustible
Residuos de comida (mezclados)	70	21.4	3.6	5.0
Cartón	5.2	77.5	12.3	5.0
Papel (mezclado)	10.2	75.9	8.4	5.4
Plásticos (mezclados)	0.2	95.8	2.0	2.0
Polietileno	0.2	98.5	<0.1	1.2
Residuos de Jardín	60.0	30.0	9.5	0.5

Fuente: Tchobanoglous, G.; Theisen, Hilary & Vigil, S. (1994).

Los datos de humedad difieren de los presentados en los parámetros físicos, dado que la forma de ensayo es diferente en el análisis físico para desarrollar el dato.

- Análisis Elemental

Este se realizó obteniendo el peso de cada elemento de acuerdo al tipo de residuo. El cálculo se muestra en la tabla 6.

Tabla 6. Cálculo de elementos en peso de los residuos

Material	Peso húmedo	Peso seco						
	(Kg)	(Kg)	C	H	O	N	S	CENIZAS
Cartón	3.6	1.08	0.5	0.1	0.5	0.00	0.00	0.1
Papel (Mezclado)	5.9	5.546	2.4	0.3	2.5	0.00	0.01	0.3
Plástico (Mezclado)	8.6	8.17	4.9	0.6	1.9	0.00	0.00	0.8
Residuos de Comida	1.8	1.764	0.8	0.1	0.7	0.00	0.01	0.1
Residuos de Jardín	12.7	5.08	2.3	0.3	1.9	0.20	0.02	0.3
Corcho (Poliestireno)	1.4	1.33	1.2	0.1	0.1	0.00	0.00	0
Total	34.0	22.97	12.1	1.5	7.6	0.20	0.04	1.6

Fuente: Elaboración propia

Posterior a obtener el total en peso de cada elemento, fue necesario calcular el peso del agua al elemento Hidrogeno y Oxigeno de la siguiente manera:

Peso del Agua (Kg) :	11.03
% de H en agua:	11.1
% de O en agua:	89.9

Porción en Kg de H en Peso del Agua:	1.00
Porción en Kg de O en Peso del Agua:	10.00

Luego se calcula el peso de cada elemento considerando este sin agua y con agua. Esto se muestra en la tabla 7.

Tabla 7. Cálculo de cada elemento sin y con agua

Componente	Peso Kg.	
	Sin H ₂ O	Con H ₂ O
Carbono	12.10	12.10
Hidrógeno	1.50	2.50
Oxígeno	7.60	17.60
Nitrógeno	0.20	0.20
Azufre	0.04	0.04
Ceniza	1.60	1.60

Fuente: Elaboración propia

A continuación se calculan los moles por elemento sin y con agua en la tabla 8.

Tabla 8. Cálculo de moles por elemento

Componente	Peso atómico (gr/mol)	Moles	
		sin H ₂ O	Con H ₂ O
Carbono	12.01	1007	1007
Hidrógeno	1.01	1485	2475
Oxígeno	16	475	1100
Nitrógeno	14.01	14	14
Azufre	32.06	1.1	1.1

Fuente: Elaboración propia

El siguiente paso fue calcular los moles de la formula química en relación al nitrógeno y azufre. Esto se muestra en la tabla 9.

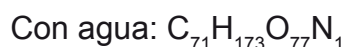
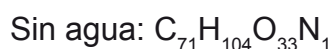
Tabla 9. Calculo relación molar con Nitrógeno y Azufre

Componente	Relación moles (N=1)		Relación moles (S=1)	
	sin H ₂ O	Con H ₂ O	sin H ₂ O	Con H ₂ O
Carbono	71	71	909	909
Hidrógeno	104	173	1339	2232
Oxígeno	33.00	77.00	428	992
Nitrógeno	1	1	13	13
Azufre	---	---	1	1

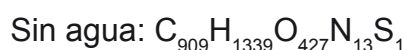
Fuente: Elaboración propia

Por lo que las formulas químicas de los residuos sólidos son:

⊖ Sin azufre:



⊖ Con azufre



⊖ Relación Carbono/Nitrógeno

De acuerdo al cálculo realizado en la tabla 7, la relación C/N de la muestra es igual a:

$$\text{C/N: } 60.5:1$$

• Contenido Energético

El contenido se calcula de acuerdo a valores de poder calorífico para cada componente y se evidencia en la tabla 10.

Tabla 10. Cálculo de poder calorífico de los desechos

COMPONENTE	PESO HÚMEDO Kg	ENERGÍA Kcal/Kg	ENERGÍA TOTAL Kcal
Cartón	3.6	3889	14000.40
Papel (mezclado)	5.9	4000	23600.00
Plásticos (mezclados)	8.6	7778	66890.80
Residuos de Comida (mezclados)	1.8	1111	1999.80
Residuos de Jardín	12.7	1556	19761.20
Poliestireno (durapax)	1.4	7778	10889.20
TOTAL	34.0		137141.4

Fuente: Elaboración propia

El poder calorífico se calcula dividiendo la energía total entre el total del peso húmedo de la siguiente forma:

$$\text{Contenido Energético (Kcal/Kg)} = 137141.4 \text{ kCal} / 34 \text{ Kg}$$

$$\text{Contenido Energético} = 4033.57 \text{ Kcal/Kg}$$

4. Discusión

Los parámetros de caracterización encontrados en la UNICAES indican que los desechos sólidos producidos están acordes a las actividades de enseñanza formal, pues dentro de la composición de

residuos encontrada, un buen porcentaje corresponde a papel y cartón teniendo en conjunto un 32%. El primer lugar en porcentaje de desechos corresponde a residuos de jardín con un 37.3%, debido a que el área de jardines y zonas verdes que posee la UNICAES es extenso. En un tercer lugar se tienen plásticos con el 35.3%.

La Producción Per-Cápita por estudiante es de 0.05 Kg. Un valor difícil de comparar con la Universidad Católica de El Salvador, pues no existen datos al respecto. No obstante, existen estudios sobre universidades mexicanas, las cuales presentan los siguientes datos: UNAM: 0.11 kg/persona⁶, UABC: 0.05 kg/persona⁷, IBERO: 0.33 kg/persona⁸. Por tanto el resultado coincide con el obtenido en la Universidad Autónoma de Baja California, documentado por Armijo C. en el año 2008.

Al observar cada uno de los componentes principales se recomienda como tratamiento principal el reciclaje de componentes, ya que el porcentaje de cartón y plástico; puede ser fácilmente reciclado.

El reciclaje sería la opción más viable dado que la Universidad ya posee contenedores para la separación de desechos

6 Alcántara et al. (2005)

7 Armijo et al. (2008)

8 Ruiz, M. (2012).

en el origen, así como también cada unidad, a nivel interno, puede separar el papel producido para posteriormente ser reciclarlo.

Este proyecto necesitaría un programa intensivo de educación ambiental para los estudiantes y trabajadores de la institución para que el reciclaje sea exitoso.

El compostaje de los residuos no es viable dada la alta relación C/N que es de 60:1. Para un compostaje adecuado la relación mínima es 25:1 y máximo de 35:1⁹, esto de acuerdo al reglamento especial sobre el manejo integral de desechos sólidos del Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

Se puede concluir que los desechos sólidos producidos en la UNICAES en esencia son componentes que pueden reciclarse: papel, cartón y plásticos. De ser así, los residuos que se dispondrían por servicio de recolección municipal serían reducidos en un 69.3%.

Otra situación que necesita verificación es el tratamiento de los desechos a través de proceso de incineración para obtener un beneficio. Esto necesita un estudio más profundo para determinar su factibilidad.

9 Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2000).

5. Referencias

Alcántara V., Cruz I. y Santos E. (2005). Caracterización y Cuantificación de los Residuos Sólidos en Ciudad Universitaria. Memorias. Congreso Interamericano de Residuos. Mérida, Yucatán. 4 al 7 de mayo, 2005. 1-88.

Armijo C., Ojeda S., y Ramirez M.E. (2008). Solid Waste Characterization and Recycling Potential for a University Campus. Waste. Manag. 28, S21-S26

Benítez, L., & Ruiz, Á. (2007). Implementación del Plan de Manejo Integral de Residuos Sólidos en COSERVICIOS S.A. (Spanish). Producción Más Limpia, 2(2), 38-46.

Del C. Espinosa Lloréis, M. a., López Torres, M., Álvarez, H., Pellón Arrechea, A., García, J., Escobedo Acosta, R., & Hernández Valiente, M. (2005). Caracterización de los Residuos Sólidos Urbanos en Ciudad de La Habana, un Aporte a la Solución de un Problema Medioambiental. (Spanish). Revista CENIC Ciencias Biologicas, 361.

Gutiérrez Flórez, S., Calero, J., & Álvarez Hincapié, C. (2009). Implementación de un Plan Integral de Residuos Sólidos Generados en el Proceso de Producción en una Industria Alimenticia de Salsas y Conservas de Piña. (Spanish). Producción Más Limpia, 4(2), 30-43.

Jaramillo, J.(2002). Guía para el Diseño, Construcción y Operación de Rellenos Sanitarios Manuales. Perú:Organización Panamericana de la Salud.

Marmolejo, L. F., Torres, P., Oveido, R., García, M., & Díaz, L. F. (2011). Análisis del Funcionamiento de Plantas de Manejo de Residuos Sólidos en el Norte del Valle del Cauca, Colombia. (Spanish). Revista EIA, (16), 163-174.

Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (1998). Ley de Medio Ambiente. Extraído el 8 de diciembre de 2012 de http://www.marn.gob.sv/index.php?option=com_phocadownload&view=category&download=56:l&id=6&Itemid=255

Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2000). Reglamento Especial para el Manejo Integral de los Desechos Sólidos. Extraído el 8 de diciembre de 2012 de http://www.marn.gob.sv/index.php?option=com_phocadownload&view=category&download=120

Quintana, O., & Echeverri, S. (2004). Impacto del manejo integral de los residuos sólidos en la Corporación Universitaria Lasallista. (Spanish). Revista Lasallista De Investigación, 1(1), 15-21.

Ruiz Morales, Mariana. (2012). Caracterización de Residuos Sólidos en la Universidad Iberoamericana, Ciudad de México. Revista Internacional de Contaminación Ambiental, Sin mes, 93-97.

Tchobanoglous, G.; Theisen, Hilary&Vigil, S. (1994). Gestión Integral de Residuos Sólidos. Vol 1. Madrid, España: McGraw Hill.