SEGREGACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS EN EL DISTRITO DE HUACHO – 2010

SEGREGATION AND CHARACTERIZATION OF MUNICIPAL SOLID WASTE IN HUACHO DISTRICT – 2010

Ronald Rodríguez Espinoza [1], Alberto Sánchez Guzmán [1], Jorge Mendoza Bobadilla [2]

RESUMEN

Ante el problema medio ambiental que constituye una inadecuada gestión de los residuos sólidos de la ciudad de Huacho, se desarrolló el presente trabajo, con el propósito de analizar el actual sistema de gestión de los residuos sólidos que ejecuta la Municipalidad Provincial de Huaura y proponer un plan de gestión ambiental que sea eficiente. Para esto, previamente se determinaron las características de los residuos, tales como: cantidad total, producción *per cápita*, composición física, densidad y humedad. En donde las muestras se obtuvieron aplicando un muestreo aleatorio estratificado; analizando 61 muestras para cada uno de los dos estratos socioeconómicos considerados. Después de la segregación y caracterización, se determinó que la cantidad total de residuos sólidos que se recolectan en el distrito de Huacho es de 23 367,82 kg/día, los cuales al ser comercializados convenientemente podrían generar un ingreso diario de S/. 3 429; con una producción *per cápita* promedio de 0,414 kg/persona.día, una densidad de 237,571 kg/m^3 y una humedad de 35,67%, así mismo se encontró que el mayor componente lo constituye la materia orgánica con 56,871%.

Palabras claves: Residuos sólidos, segregación, caracterización, contaminación ambiental.

ABSTRACT

According to the environmental problems which make an inappropriate solid waste management in Huacho city, the purpose from this research is to analyze the currently management of solid waste system which is carrying out by the provincial municipality of Huaura also to propose a better and efficient environmental management plan in order to improve the current plan which has been applied. In order to reach our purpose, at first we determinate the solid waste features such as: total amount, per capita waste production, physical composition, density and humidity. The samples were obtained by stratified random sampling. For this, it was analyzed 61 samples for each one of two socio-economic levels chosen. After the separation and characterization, it was determined as a result, the total amount of collected solid waste in Huacho district is 23 367,82 kg/day, which to be sold could generated a daily income of S/. 3 429; with an average per capita production of 0,414 kg/person.day, density of 237,571 kg/m^3 and humidity of 35,67% like wise it was found that the main component is organic matter with 56,871%.

Key word: Solid waste, separation, characterization, environmental pollution.

[1]Facultad de Ingeniería Química y Metalúrgica. Email: rrodriguez@unjfsc.edu.pe
[2]Facultad de Ingeniería Química, Dpto. de Química, de la Universidad Nacional de Trujillo

INTRODUCCIÓN

El considerable aumento en la generación de desechos durante las últimas décadas, se ha constituido en un problema que viene ocasionando una gran preocupación a nivel mundial, es por ello, que el problema de los desechos sólidos ocupa el primer plano de la protección del medio ambiente; constituyendo en la actualidad un reto para todos los países, municipalidades, industrias y ciudadanos en general (Del Val, 1997).

Según Penido, M. et al (2006), el promedio *per cápita* de generación de residuos sólidos domiciliarios en países de Latinoamérica alcanza a 0,790 kg/hab./día, con una fluctuación apreciable en países con un bajo Índice de Desarrollo Humano. En cuanto a los residuos municipales, la producción *per cápita* varía de 0,370 kg/hab./día a 2,650 kg/hab./día con un promedio regional de 0,910 kg/hab./día.

En cualquier ciudad sea grande o pequeña, es esencial conocer la cantidad de desechos sólidos a recoger y evaluar sus características, tales como su composición, densidad, humedad, sólidos volátiles y otros, con la finalidad de diseñar técnica y planificadamente las propuestas más adecuadas y viables de tratamiento de los desechos sólidos (DIGESA, 1996).

Según la Ley Nº 27314 – Ley General de Residuos Sólidos, con respecto a los residuos de ámbito municipal, estos son responsabilidad de las Municipalidades, desde el momento en que el generador los entrega a los operarios de la entidad responsable de la prestación de servicio, o cuando los dispone en el lugar establecido por dicha entidad para su recolección.

Prácticamente en todos los países latinoamericanos el servicio de limpieza urbana está bajo la responsabilidad del municipio y, a menudo, una buena situación en una determinada ciudad no refleja, necesariamente, la tendencia del país, sino la determinación del alcalde de resolver positivamente el problema (Penido, M. et al 2006).

El almacenamiento de los residuos sólidos es por lo general inadecuado; tanto para el caso de los domicilios como para el de los establecimientos comerciales, industriales y otros. Habiéndose logrado y de manera muy parcial, el uso estandarizado de recipientes adecuados para el almacenamiento de los residuos, sobre todo en sectores de altos ingresos, debido a que la mayoría de los municipios tiende a desentenderse del problema (Arroyo, 1997).

Según Arnillas, F. *et al* (2009), en los distritos de la provincia de Huaura, el 37,7% de los hogares cuentan con el servicio municipal de recojo de basura y un 39,2% adicional cada dos o tres días; y de forma esporádica, esto es, una vez a la semana y de vez en cuando, un 22,9%.

Además de los residuos sólidos generados en los domicilios, el distrito de Huacho cuenta con 4 mercados de consumo: Mercado Centenario, Mercado Modelo, Mercado San Bartolomé, y Mercado Puquio Cano en donde los principales residuos generados son de característica orgánico.

Se tiene conocimiento del caso de la Municipalidad de Santiago de Chuco, según Ruiz B. (2005), quien propone el tratamiento de los desechos sólidos con el método del compostaje, esto debido al alto porcentaje de materia orgánica (84,76%) encontrado en la caracterización.

La provincia de Huaura, cuenta con un botadero llamado “Paraíso”, en donde hace más de 30 años, se viene depositando los desperdicios de los habitantes de 5 distritos de la provincia (Huacho, Hualmay, Huaura, Santa María y Carquín). Este botadero se ubica a la altura del kilometro 143 de la Panamericana Sur; el cual ya es visible desde dicha ruta de transporte que resta competitividad turística al norte chico (Arnillas, F. et al, 2009).

En la ciudad de Huacho se cuenta con el estudio “Vigilancia de la Gestión de los Residuos Sólidos Municipales” realizado por el área de Salud Ambiental del Hospital General de Huacho (Blas, 2007).

Objetivo:
Cuantificar y caracterizar los Residuos Sólidos Urbanos (RSU) que produce la población del distrito de Huacho.

MATERIAL Y MÉTODOS

El material de estudio estuvo constituido por los residuos sólidos urbanos del distrito de Huacho, provincia de Huaura del departamento de Lima; generados por los 55 442 habitantes, residentes de 15 430 viviendas censados al año 2007 (Instituto Nacional de Estadística e Informática, 1997).

La determinación de la muestra se hizo teniendo en cuenta que la generación de los RSU y sus características, varían en función de los estratos socioeconómicos de la población. Por lo que se seleccionaron dos estratos sociales representativos de la ciudad, con las siguientes características:

Estrato Socioeconómico Medio-Medio Bajo, este estrato se consideró debido a que en el distrito de Huacho no hay aglomeraciones significativas de viviendas que sean consideradas dentro de un estrato socioeconómico alto. Este estrato presenta una población de 36 463 habitantes y 10 148 viviendas. Se consideró a la Urbanización Lever Pacocha.

Estrato Socioeconómico Bajo, conformado por asentamientos humanos de viviendas precarias, que carecen de algunos servicios básicos, con un ingreso económico familiar que está por debajo del ingreso mínimo legal. Este estrato presenta una población de 19 981 habitantes y 5 561 viviendas. Se consideró al sector conocido como La Manchuria.

De estos estratos socioeconómicos, se tomaron 122 muestras, de las cuales 61 corresponden al estrato socioeconómico Medio-Medio Bajo y 61 al estrato socioeconómico Bajo.

Método

Proyección de la población y del número de viviendas al año 2010: Se encontró para el presente estudio al año 2010 en 56 444 habitantes y 15 709 viviendas.

Distribución de la población total del distrito por estrato socioeconómico: Para establecer los estratos socioeconómicos Medio-Medio Bajo (64,6%) y Bajo (35,4%), se siguió las consideraciones oficiales sobre la población peruana las cuales fueron obtenidas de la Municipalidad Provincial de Huaura.

Elección y determinación del número de viviendas a muestrear: se hizo mediante un

$$n = \frac{V^2}{\left(\frac{E}{1{,}96}\right)^2 + \frac{V^2}{N}}$$

Donde:
n: Número de viviendas a probar aleatoriamente.

V: Desviación estándar de la producción *per cápita* de las viviendas.
E: Error permisible en la estimación de la producción *per cápita*.
N: Número total de viviendas del estrato en cuestión.

Flores y Villafuerte (2003) recomienda utilizar los siguientes valores para una confiabilidad de 95%:

Error permisible : 50 g/hab.día
Desviación estándar : 200 g/hab.día

Para el estrato socioeconómico Medio – Medio Bajo se determinó que se debían muestrear 61 viviendas para cada estrato socioeconómico.

Recolección y segregación: Se hizo entrega a cada representante de la vivienda bolsas plásticas codificadas, indicándole que deposite dentro de la bolsa los residuos generados en el día. Se consideró bolsas rojas para el estrato socioeconómico Medio-Medio Bajo y bolsas negras para el estrato Bajo. Luego se recogieron las bolsas en un vehículo recolector donde fueron llevadas hasta el lugar previamente designado donde se realizó el pesaje, la segregación y caracterización.

Estas operaciones se realizaron durante 8 días consecutivos, desde el domingo 01 al domingo 08 de marzo del 2010. Sin embargo, se descarta la muestra tomada el primer día, debido a que se desconoce la cantidad de residuos que se han almacenado en los días anteriores; apoyando en estas actividades alumnos de la Universidad Nacional de Huacho.

Determinación de la producción de los RSU por habitante o producción *per cápita* (PPC): Las bolsas codificadas fueron recogidas y pesadas. Esto se realizó para cada estrato socioeconómico. Se hizo uso de la siguiente ecuación:

$$PPC = \frac{kgrecolectados\ /\ día}{Número\ de\ habitantes}$$

Determinación de la densidad de los RSU: El cálculo de la densidad se hizo colocando los residuos sólidos dentro de un cilindro y luego se determinó su peso y su volumen; esto se hizo con los residuos libres de compactación y después de ser compactados con un pistón.
Se utilizó la siguiente fórmula:

$$Densidad = \frac{Masa\ de\ los\ RSU}{Volumen\ de\ los\ RSU}$$

Determinación de la composición física de los RSU: Se realizó la segregación manual de los RSU en el lugar de trabajo para determinar cada componente. Para ello se hizo uso de tenazas, guantes y mascarillas. Luego se procedió a determinar el peso de cada componente.
Se utilizó la siguiente fórmula:

$$\%\ Comp = \frac{Masa\ del\ componente\ segregado}{Masa\ total\ de\ los\ RSU} * 100$$

RESULTADOS

La producción *per cápita* de RSU del distrito de Huacho, es de 0,414 kg/persona.día. Estos resultados sirven para estimar la producción de residuos sólidos de la totalidad de habitantes del distrito de Huacho en el 2010, cuyo valor es 23 367,82 kg/día. Esto se puede apreciar en la figura 1.

Los RSU calificados como inorgánicos y/o no putrescibles constituyen en promedio el 31,0%; los RSU calificados como orgánicos y/o putrescibles constituyen en promedio el 56,87%; el promedio de los RSU considerados como inertes alcanzan el 12,054% y el promedio de los RSU considerados como residuos peligrosos representan el 0,075% (tabla 1 y figura 2).

Los RSU del distrito de Huacho tienen una densidad promedio de 237,571 kg/m^3. Además las densidades obtenidas en los estratos socioeconómicos Medio–Medio bajo y Bajo son 230,865 kg/m^3 y 249,808 kg/m^3, respectivamente.

La densidad promedio de los RSU del distrito de Huacho sometidos a compactación con una presión de 1,874 kPa, es de 302,900 kg/m^3. Las densidades obtenidas de los RSU sometidos a compactación para los estratos socioeconómicos Medio–Medio bajo y Bajo son de 295,223 kg/m^3 y 316,910 kg/m^3, respectivamente.

El porcentaje de humedad de los RSU del distrito de Huacho es de 35,670%.

Así mismo, el porcentaje de humedad de la parte orgánica de los RSU del distrito de Huacho es de 66,901%.

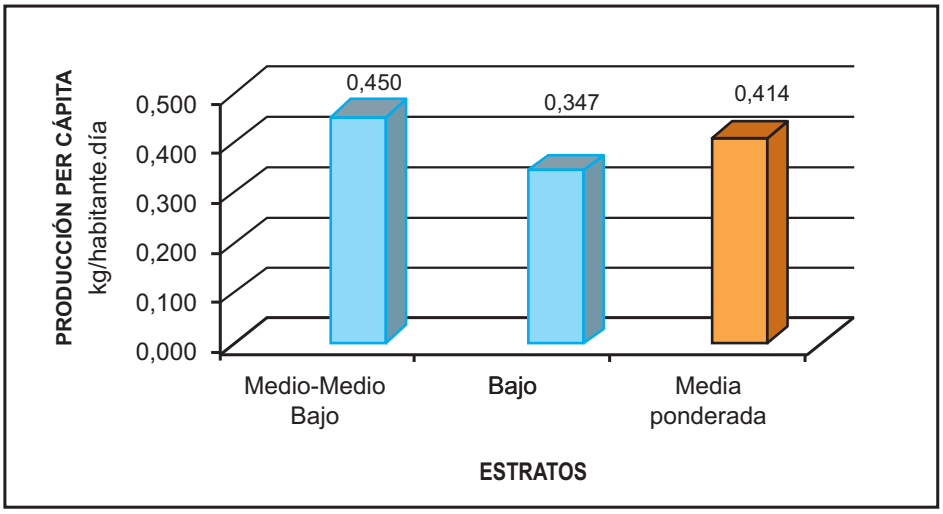

Figura 1: Producción *per cápita* de los RSU del distrito de Huacho.

Tabla 1: Media ponderada de los porcentajes de segregados

Nº	Materiales segregados	Medio - Medio Bajo %	Bajo %	Media Ponderada %
	Inorgánicos y/o no putrescibles	**32,331**	**28,571**	**31,000**
1	Aluminio	0,000	0,075	0,027
2	Cartón	2,981	1,606	2,494
3	Cuero	0,124	0,586	0,288
4	Huesos	0,000	0,000	0,000
5	Jebes y sintéticos	1,516	0,465	1,144
6	Latas y latones	2,135	2,32	2,200
7	Madera	0,000	0,092	0,033
8	Metales ferrosos	0,000	0,000	0,000
9	Pañales descartables	7,331	5,751	6,772
10	Papel blanco	1,766	1,694	1,741
11	Papel mixto o periódico	4,552	2,871	3,957
12	Pilas y baterías	0,067	0,061	0,065
13	Plástico liviano	5,749	5,091	5,516
14	Plástico pesado o rígido (PET y PVC)	2,712	3,336	2,933
15	Tetra pak	0,909	0,788	0,866
16	Trapos	0,408	0,831	0,558
17	Vidrio	2,081	3,004	2,408
	Orgánicos y/o putrescibles	**55,134**	**60,042**	**56,871**
18	Res. Alim., jardín, estiércol animal	55,134	60,042	56,871
19	Vísceras de animales	0,000	0,000	0,000
	Inertes	**12,452**	**11,327**	**12,054**
20	Tierra, arena	12,452	11,327	12,054
	Residuos peligrosos	**0,083**	**0,061**	**0,075**
21	Restos jeringas, agujas hipodérmicas	0,083	0,061	0,075
	Masa total	**100,0**	**100,0**	**100,0**

Fuente: Datos experimentales de campo

Referencia: obtenido por los autores usando el programa Matlab.

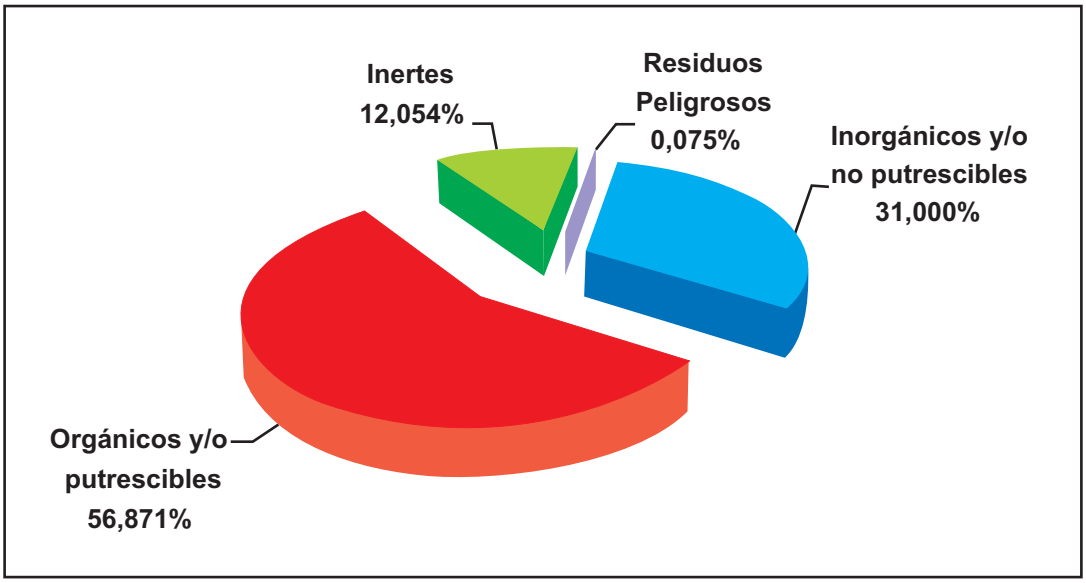

Figura 2. Porcentajes de los grupos segregados de los RSU del distrito de Huacho

DISCUSIÓN

La producción *per cápita* de RSU (0,414 kg/habitante.día) sitúa a la ciudad de Huacho dentro del rango de producción de residuos sólidos para las ciudades de América Latina. Lo que esta de acuerdo con lo afirmado por Arroyo et al (1997) y Penido *et al* (2006), quienes estiman que el rango de variación es de 0,370 a 1,2 kg/habitante.día.

Para calcular la generación bruta de residuos sólidos, hay que agregar un 50% de la producción *per cápita* anterior (Valverde, 2006). Esto es para considerar a las industrias, los mercados, las malezas u otros residuos vegetales provenientes de la poda de parques y jardines públicos y también a los residuos que se obtienen del barrido de las calles. Por lo que el rango de producción *per cápita* es de 0,414 a 0,621 kg/habitante.día. Además dicho rango se aproxima al valor calculado por Arnillas et al (2009) para los distritos costeros del Norte Chico del Departamento de Lima.

Observando los valores determinados de la producción *per cápita* para los estratos socioeconómicos Medio-Medio Bajo de 0,450 kg/habitante.día y Bajo de 0,347 kg/habitante.día, se aprecia una diferencia a favor del estrato Medio-Medio Bajo, lo que concuerda con lo expresado por Tecnun (2006) y Zaror (2000), quienes señalan que la producción *per cápita* de los RSU será más grande a mayor nivel de desarrollo económico y a mayor grado de urbanización.

Con respecto a los resultados obtenidos para la composición física de los RSU, se observa que el porcentaje más alto corresponde al grupo de materiales orgánicos y/o putrescibles; esto concuerda con la afirmación de Riofrío et al (1994) acerca de que los residuos de alimentos constituyen el componente más grande en las ciudades de los países en vías de desarrollo. En donde, el mayor porcentaje de los residuos sólidos orgánicos, corresponde al estrato socioeconómico Bajo, cuya población integrante, debido a su menor capacidad económica, compra y consume alimentos no procesados, los cuales incrementan la cantidad de residuos orgánicos. Por el contrario, en el estrato socioeconómico Medio-Medio Bajo, por su mayor capacidad adquisitiva consumen mayor cantidad de alimentos procesados y empaquetados. Esto coincide con lo afirmado por Flores y Villafuerte (2003), quienes afirman que la población con mayor poder adquisitivo consume una mayor cantidad de productos envasados; y por el contrario, los habitantes del nivel socioeconómico Bajo se caracterizan

por generar una mayor cantidad de residuos húmedos con incorporación de material inerte.

La densidad de los RSU encontrada, muestra una diferencia entre ambos estratos, lo cual Rodríguez (2008), explica esta diferencia debido a que la población con mayor posibilidad económica, consume una mayor cantidad de productos envasados que tienen bastante volúmen y poco peso, y por ende, sus residuos tienen menor densidad que los generados por los habitantes de nivel bajo.

El valor promedio de la densidad, con un valor de 237,571 kg/m^3, esta en el intervalo de densidades de residuos sólidos considerada por Riofrío et al (1994) que va de 170 a 330 kg/m^3, correspondiente a países de ingreso medio.

Según Aquino et al (1999), en cualquier ciudad sea grande o pequeña, es esencial conocer la cantidad de basura a recoger y evaluar sus características tales como densidad, composición, humedad y otros con el fin de diseñar técnicamente los sistemas de disposición final, o su calidad como abono orgánico. Por lo que el porcentaje de humedad promedio encontrado para la ciudad de Huacho es de 35,670%, valor cercano al señalado por Penido et al (2006), quien afirma que el contenido de humedad, para ciudades de América Latina, va del 40 al 60%, y cuyo valor varía en función de las estaciones del año y de las estaciones pluviométricas.

CONCLUSIONES

Aplicados los instrumentos y técnicas de recolección de datos, procesados los mismos se determinó la producción *per cápita* del distrito de Huacho, con un valor de 0,414 kg/persona.día, lo que genera una producción total de 23 367,82 kg/día.

En lo referido a la composición de los residuos sólidos, y ordenados de menor a mayor incidencia, se tienen los siguientes componentes: Aluminio, madera, pilas y baterías, residuos peligrosos, cuero, trapos, envases de tetra pak, jebes y sintéticos, papel blanco, latas , vidrio, cartón, plástico liviano, pañales descartables, materiales inertes y residuos orgánicos y/o putrescibles, siendo estos últimos los más habituales encontrados y están vinculados al procesamiento de alimentos y restos de comidas.

REFERENCIAS BILIOGRÁFICAS

1. Aquino, P., Camacho, H. y Llanos, G. (1999). Métodos de análisis de agua, suelos y residuos sólidos. Instituto de desarrollo y Medio Ambiente (IDIMA). Lima: CONCYTEC.

2. Arnillas, L., Merino, G., Sueiro, C. y Suárez M., (2009). El manejo de los residuos sólidos en los distritos costeros del norte chico del departamento de Lima (Barranca, Huaral y Huaura). Primera Edición. Perú: NOVA PRINT SAC.

3. Arroyo, M., Rivas, R. y Lardinois, I. (1997). La gestión de residuos sólidos en América Latina. Perú: IPES, ACEPESA, WASSTE.

4. Blas, B. (2007). Vigilancia de la Gestión de los Residuos Sólidos Municipales. Hospital General de Huacho. Área de Salud Ambiental. Huacho.

5. Del Val. (1997). El Tratamiento de los Residuos Sólidos Urbanos. Ministerio de Fomento de España. [consulta el 10 Marzo 2009]. Disponible en:

   http://habitat.aq.upm.es/cs/p3/a014.html

6. DIGESA (1996). Relleno Sanitario Manual. Dirección General de Salud Ambiental del Ministerio de Salud. Lima, Perú.

7. Flores, D. y Villafuerte, I. (2003). Guía práctica Nº 1 para la realización de estudios de residuos sólidos domiciliarios en ciudades. Programa de Gestión Urbana de las Naciones Unidas. Ecuador: IPES, Promoción del desarrollo sostenible.

8. Glynn, H. y Gary, H. (1999). Ingeniería Ambiental. Segunda Edición. México: Editorial Prentice-Hall.

9. Instituto Nacional de Estadística e Informática (1997). Censo Nacional 2007, XI de Población y VI de vivienda. [consulta el 20 abril 2009]. Disponible en:

http://proyectos.inei.gob.pe/Censos2007/?id=CensosNacionales

10. Penido, M., Mansur, G. (2006). Manual de Gestión Integrada de Residuos Sólidos Municipales en Ciudades de América Latina y el Caribe. Instituto Brasileño de Administración Municipal. Rio de Janeiro, Brasil.

11. Riofrío, B., Olivera, C., y Callirgos, J. (1994). ¿Basura o desechos? El destino de lo que botamos en Lima. Editorial DESCO. Lima, Perú.

12. Rodríguez, R., (2008). Propuesta de Manejo Integral de los Residuos Sólidos Urbanos en el distrito El Porvenir – Trujillo. Tesis para obtener el Grado de Magister en Ingeniería Ambiental. Universidad Nacional de Trujillo.

13. Ruiz, B., (2005). Propuesta para el Tratamiento de desechos Sólidos Municipales en la Provincia de Santiago de Chuco de la Región La Libertad. Tesis para obtener el Grado de Doctor en Medio Ambiente. Universidad Nacional de Trujillo.

14. TECNUN (2006). España. Ciencias de la Tierra y el Medio Ambiente. [consulta el 10 de Junio del 2008]. Disponible en: www.tecnun.es/Asignaturas/Ecología/Hipertexto/13Residuo /110ReSolUrb.htm

15. Valverde, G., P. (2006). Evaluación del Sistema de Recolección de Residuos Sólidos Urbanos y propuesta de un Plan de Gestión Ambiental en la ciudad de Coishco. Tesis para obtener el Grado de Maestro en Ciencias. Universidad Nacional de Trujillo.

16. Zaror, Z. (2000). Introducción a la Ingeniería Ambiental para la Industria de Procesos. Departamento de Ingeniería Química, Facultad de Ingeniería de la Universidad de Concepción Chile.