

# Manejo de residuos sólidos hospitalarios generados por los centros veterinarios de la ciudad de Machala, Ecuador

Handling of generated hospital accustomed to residuals for the veterinary centers of Machala city, Ecuador

Jhonny Edgar Pérez Rodríguez<sup>1</sup>, Ana María Iraizoz Barrios<sup>1</sup>, Jesús Ángel Chávez Machado<sup>2</sup>

Recibido: 11/01/2017 - Aprobado: Diciembre 2015

---

## RESUMEN

El objetivo de este artículo es dar a conocer los resultados del estudio realizado en 15 centros veterinarios de Machala, provincia el Oro, Ecuador donde se analizó y caracterizó las propiedades físicas, químicas y microbiológicas de los Residuos Sólidos que pudieran tener impacto medio ambiental y a la salud. Para ello se realizó un muestreo probabilístico aleatorio simple combinado con un muestreo probabilístico sistemático que permitió determinar y analizar la cantidad, humedad, densidad, y composición física, fisicoquímica y microbiológica de los desechos. De los resultados obtenidos, se logró determinar la composición de los residuos generados en los centros de atención veterinaria, siendo predominantes los residuos Biosanitarios con un 48%. Se halló además el porcentaje de la capacidad calorífica de los residuos siendo elevada en la mayoría de los centros, así como las características microbiológicas, donde se obtuvieron cifras elevadas de bacterias mesófilas y Pseudomonas en todos los centros veterinarios de la ciudad, fundamentalmente en el lixiviado, resultados que permitirán crear estrategias para mejorar el manejo de los desechos y la bioseguridad.

**Palabras clave:** Residuos, zoonosis, contaminación, veterinaria, riesgos.

## ABSTRACT

This research paper is aimed at informing the results of a study conducted in 15 veterinarian centers located in Machala, El Oro province, Ecuador; in which physical, chemical, and microbiological properties of solid waste, that might have an impact on the environment and human health were analyzed. Random sampling, as well as systematic sampling was used in order to determine amount, humidity, density, and physical, physicochemical, microbiological composition of waste. The results allowed the researchers to determine the composition of waste generated by these veterinarian centers. Medical waste was found as predominant with 48%. It was also found the percentage of calorific capacity described as high in the majority of the veterinarian centers, as well as the microbiological characteristics, in which a high amount of mesophilic and pseudomona bacteria was established through leachate in all of the veterinary centers of the city.

Said results will allow the development of strategies to improve the management of waste and biosecurity.

**Keywords:** Waste, zoonoses, contamination, veterinary center, risks.

---

<sup>1</sup> Universidad Técnica de Machala, Ecuador. Email: jperez@utmachala.edu.ec Email: airaizoz@utmachala.edu.ec

<sup>2</sup> Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Perú.

## I. INTRODUCCIÓN

La provincia de El Oro se encuentra ubicada al sur del Ecuador en frontera con el vecino país Perú, cuenta con una población de 653.318 habitantes (INEC, 2010) siendo la ciudad de Machala su capital y la más poblada con 245.973 habitantes. En la ciudad se han registrado un total de 15 centros veterinarios (Agrocalidad, 2012), con una producción que oscila entre los 1000 kg/año hasta los 12.000Kg/año o más de desechos peligrosos (AMVAC, 2012), siendo escasa o casi nula la inspección por parte de las autoridades para medir el impacto ambiental, en el aspecto legal, social y ambiental, observándose que constantemente existe un incumplimiento de la selección y tratamiento de los desechos. Esta situación se relaciona a ciertos factores como el desconocimiento de las medidas de bioseguridad en el manejo de los desechos biológicos, y el no cumplimiento de las normas decretadas por la Ley Orgánica de la Salud, tornándose cada vez en un riesgo a la salud pública, especialmente para la población vulnerable (médicos veterinarios, auxiliares de servicios, personal del departamento de aseo de calles, recicladores), ya que los residuos son desechados como material común no clasificado, siendo algunos de ellos de origen infecciosos y zoonóticos.

Los cuatro recursos básicos en que se sustenta el desarrollo de todos los seres vivos en el Planeta, componen el agua, el aire, la tierra y la energía. Los mismos que al estar en riesgo de contaminación afectan y amenazan la salud de la humanidad principalmente cuando se relacionan a contaminantes biológicos los mismos que en su momento son expuestos y pueden producir enfermedades zoonóticas. Por otra parte, a partir de las distintas prácticas que le competen al Médico Veterinario se producen diversos objetos y sustancias que no prestan mayor utilidad para dicho profesional, algunos de los cuáles son considerados, internacionalmente por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente como residuos peligrosos (PNUMA, 1995).

Para evitar los riesgos ambientales derivados de estos residuos, resulta de vital importancia en primer lugar, su clasificación y cuantificación, para posteriormente caracterizarlos física, química y microbiológicamente y así determinar su correcto manejo, mediante la elaboración de

un manual de manejo de desechos sólidos hospitalarios.

## II. MATERIALES Y MÉTODOS

### 2.1. Proceso de muestreo y preparación de la muestra

Se utilizó la clasificación (Weiers, 1986), con el cual se realizó un muestreo probabilístico aleatorio simple combinado con un muestreo probabilístico sistemático.

### 2.2 Método de análisis para determinar la cantidad de residuos

Determinación de la cantidad (Sakurai & Kunotishi, 1981):

- Se colocaron los residuos en el recipiente sin hacer presión y se sacudieron de manera que se llenaran los espacios vacíos en el mismo. Se pesaron y luego por diferencia se obtuvo el peso neto de los residuos. Este procedimiento se realizó para cada fuente de generación.
- Se pesaron las bolsas con residuos, sin abrirlas, directamente en la balanza y por diferencia se obtuvo el peso neto de los residuos.
- Se colocó la bolsa con residuos dentro del recipiente sin hacer presión y se sacudió de manera que se llenaran los espacios vacíos, luego se midió la altura que alcanzaron los residuos dentro del recipiente, así como el diámetro, para hallar el volumen.

Para obtener este cálculo, se procedió de la siguiente manera:

- Las bolsas recogidas fueron pesadas diariamente ( $W_i$ ) durante los días que duró el muestreo. Este proceso representó la cantidad de basura diaria generada en cada centro veterinario (Kg. /C.V. /Pac.). Para esto se utilizó una balanza de 0 a 5 Kg.
- Para obtener la generación per cápita (Kg./Pac./día), se dividió (para cada centro veterinario muestreado) el peso de las bolsas entre el número de pacientes.

$$\text{PPC} = \frac{\text{Kg. recolectados}}{\text{N}^\circ \text{ pacientes}}$$

### 2.3. Método de análisis para determinar la densidad

Para la determinación de la densidad se llevó a cabo el procedimiento descrito por Tello en 1991, y la ecuación:

$$D = P / V$$

Donde:

D = densidad de la basura (kg/m<sup>3</sup>)

P = peso de la basura (kg)

V = volumen de la basura en el recipiente (m<sup>3</sup>)

La densidad de la basura se obtuvo al dividir el valor de la suma de los pesos netos entre el valor de la suma de los volúmenes.

#### 2.4 Método de análisis para determinar la composición física

Con el objetivo de conocer los componentes físicos de los residuos sólidos (Tabla N° 1), se utilizó el método propuesto por Torre en 1973. Este método tiene como objetivo conocer los componentes físicos de los residuos sólidos (Torre, 1973).

Tabla N° 1: Tipos de residuos

Papel	Moldes de yeso	Gasas, algodones
Cartón	Cenizas	Películas, placas de Rayos X
Residuos de alimentos (Servicios)	Vidrios (botellas, Láminas, placas, etc.)	Tumores, piezas orgánicas, huesos, animales muertos
Residuos de cocina	Caucho, goma	Medios de cultivo
Plásticos duros	Metales	Lodos
Plásticos de bolsas	Trapos	Otros

Fuente: Acurio, 2005.

- Terminada la clasificación se restó el peso obtenido menos el peso del recipiente que lo contenía, determinando así el peso de cada componente.
- Luego, se sumaron los pesos y se confrontaron con el peso de la bolsa de la cual se sacaron los residuos. De esta manera, se pueden calcular los porcentajes de cada tipo de residuos para cualquier punto de generación.

- Se obtuvo el porcentaje de cada componente teniendo los datos del peso total y el peso de cada tipo de residuos.
- Se necesitó efectuar todo el trabajo de campo con la mayor rapidez posible, ya que durante la operación la basura va perdiendo humedad. En consecuencia, un menor tiempo da como resultado una mayor exactitud en las mediciones.
- A los restos de alimentos de cocina y de enfermos no se les analizó su composición física, porque presentaban características comunes.

#### 2.5 Preparación de la muestra para los análisis fisicoquímicos

Se siguió el procedimiento reportado por Sakurai y Kunotishi en 1981. Como este tipo de residuos es muy difícil de homogenizar por las características de su contenido (piezas anatómicas, sangre, etc.), se puede preparar una muestra de cada componente y determinar su humedad, poder calórico, sólidos volátiles, cenizas y contenido de azufre por separado y luego hallar el valor del total de forma teórica a partir del porcentaje de existencia del componente dentro de una muestra compuesta. Para este caso no se consideraron los productos inertes.

#### 2.6 Método de análisis para determinar la humedad

- Método 1 (Tello, 1991).

##### Equipos

- Horno de secado (103 °C)
- Desecador de vidrio
- Recipientes para muestras, con tapa
- Balanza graduada (a 0,1 g).

##### Cálculos

% de humedad (base húmeda) = 100 x pérdida de peso / peso húmedo neto

- Método 2 (Torre, 1973).

##### Equipos

- Un horno de secado.
- Un frasco secador grande o un armario con una sustancia higroscópica o un desecador de vidrio.
- Recipiente para las muestras (botes de aluminio cerrados de 3.5 pulgadas de diámetro y 2 pulgadas de profundidad)

- Una balanza graduada a una décima de gramo y con capacidad para 200 gramos.

*Cálculo*

% de humedad (base húmeda) =  $100 \times$   
pérdida de peso / peso húmedo neto

### 2.7 Método teórico para estimar el poder calórico de la basura

Para facilitar el cálculo del poder calórico de la basura, en primer lugar se adoptaron los siguientes valores, como el poder calorífico de cada componente seco (Sakurai & Kunotishi, 1981):

- Papel y cartón 4.000 kcal/kg
- Trapos 4.000 kcal/kg
- Madera y follaje 4.000 kcal/kg
- Restos de alimentos 4.000 kcal/kg
- Plásticos, caucho y cuero 9.000 kcal/kg
- Metales 0 kcal/kg
- Vidrios 0 kcal/kg
- Suelo y otros 0 kcal/kg

En segundo lugar, se supuso que toda la humedad de la basura está en los componentes de las clases a, b, c y d.

Por lo tanto, el poder calórico superior de la basura ( $P_s$ ) estaba dado por la ecuación siguiente:

$$P_s (\text{KcalHg}) = 40(a + b + c + d - W) + 90e$$

Se calculó el poder calórico inferior de la basura ( $P_i$ ) usando la siguiente ecuación:

$$P_i (\text{KcalKg}) = P_s - W / 100 \times 600 = P_s - 6W$$

Cuando se trata de seleccionar el proceso de incineración como un método de tratamiento de la basura con el objeto de reducir su volumen y recuperar su energía, hay que revisar el poder calórico inferior de la basura usando las siguientes normas:

- $P_i$  para incinerar la basura sin combustible auxiliar - cuando menos 1.000 kcal/kg
- $P_i$  para recuperar energía - cuando menos 1.500 kcal/kg

### 2.8 Método para determinar sólidos volátiles y cenizas

Para la determinación de sólidos volátiles y cenizas se el procedimiento reportado por Torre en 1973.

*Equipos.*

- Un horno de secado
- Una balanza analítica
- Un frasco secador grande o desecador de vidrio
- Crisoles de porcelana
- Un horno de mufla con pirómetro indicador y control de la temperatura por reóstato (se debe alcanzar temperaturas de 650 °C).

*Cálculos.*

% sólidos volátiles =  $100 \times (W_2 - W_1) / (W_2 - W_1)$

% ceniza =  $100 \times (W_3 - W_1) / (W_2 - W_1)$

*Técnicas*

En el desarrollo de esta investigación se utilizaron los siguientes instrumentos útiles para la recolección de datos:

- Cuestionario de encuesta dirigido a los propietarios de los centros veterinarios.
- Guía de observación directa o Matriz de relaciones para la identificación de los riesgos existentes, en la cual se valorara la misma variable, utilizando como indicadores los siguientes:

- Separación de materiales infectados
- Separación de corto punzantes infectados
- Señalización de los tachos de desechos
- Manual de medidas de bioseguridad

*Toma de muestras microbiológicas*

Se realizaron cuatro tipos de muestreo:

- Muestreo de la parte superior del residuo sólido.
- Muestreo de la parte Intermedia del residuo sólido.
- Muestreo de la parte inferior del residuo sólido.
- Muestreo del lixiviado del residuo sólido.

*Método cuantitativo*

Para el Recuento total de Bacterias Mesófilas, Coliformes Totales y Recuento Microbiológico (UFC) se emplearon para cada muestreo los siguientes medios:

- Agar Nutritivo

- Agar Tripticasa de Soya (Aerobios Mesofilos)
- Agar Mc Conkey (Coliformes Totales)
- Agar Patata Dextrosa (Mohos y Levaduras)

#### *Análisis e interpretación de la información*

La tabulación de los datos obtenidos se realizó usando criterios de estadística descriptiva y de ser necesaria la aplicación de software estadístico.

### III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1 Análisis, interpretación y discusión de resultados

Mediante la observación directa, se pudo determinar que en los centros de salud veterinaria de la ciudad de Machala, los tachos para el almacenamiento de los desechos sólidos estaban identificados por colores y algunos debidamente rotulados. Los colores empleados son rojo, verde, gris y en algunas ocasiones el rotulo y el color no coincidían con lo indicado en el Art. 19° del Reglamento Sustitutivo al Reglamento para el Manejo Adecuado de los Desechos Infecciosos generados en las Instituciones de Salud en Ecuador.

#### 3.2 Caracterización de los residuos sólidos en centros de atención de salud veterinaria en la Ciudad de Machala. Determinación de la cantidad de residuos (cálculo per-cápita)

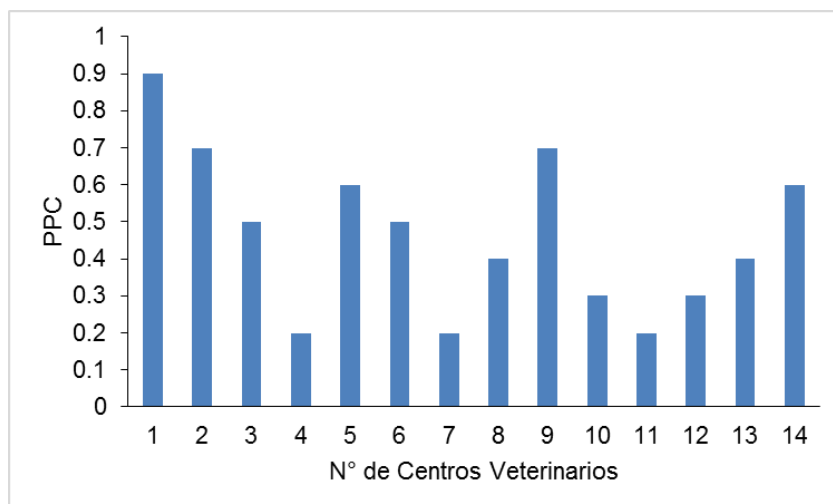
De acuerdo a los datos obtenidos de la cantidad de residuos sólidos generados en los centros de atención veterinaria de la Ciudad de Machala, se pudo determinar la producción per-Cápita, donde se dividió el peso total de las fundas para el número total de pacientes atendidos por cada centro veterinario como se muestra a continuación en la Figura N° 1.

#### 3.3 Determinación de la densidad

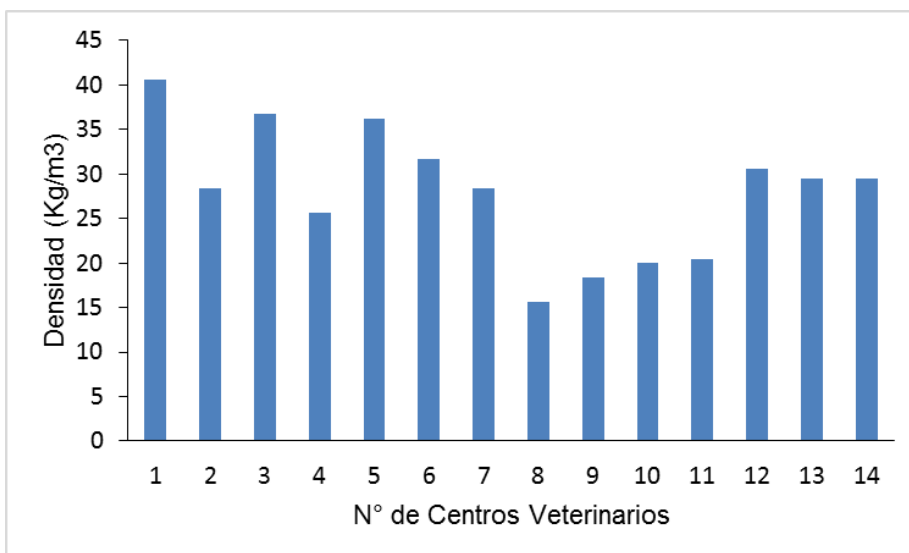
El peso volumétrico de los residuos sólidos es de gran importancia, ya que con este dato se determina el número de unidades para el transporte en función de la capacidad de éstas, además sirve de base para proyectar las necesidades de espacio para el diseño de un relleno sanitario. En la Figura N° 2 se muestra las densidades obtenidas en los distintos centros de atención veterinaria de la Ciudad de Machala.

#### 3.4 Determinación de la composición física de los residuos sólidos

Es importante conocer la composición física de los residuos sólidos ya que estos permiten determinar de manera inmediata las alternativas de solución para el manejo y disposición final de estos residuos.



**Figura N° 1:** Producción Per-Cápita, respecto a los centros veterinarios de muestreo.  
Fuente: Base de datos de la Investigación. Elaboración Propia.

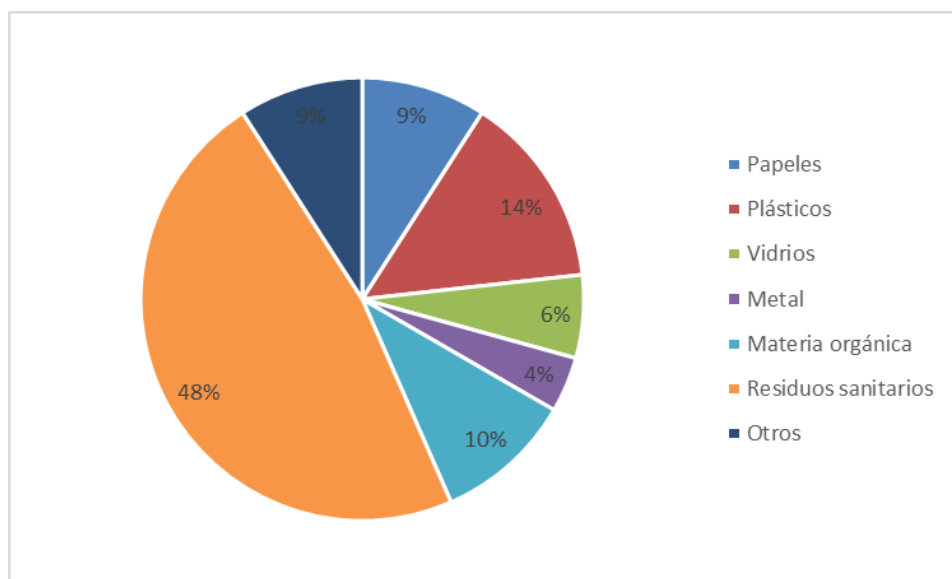


**Figura N° 2:** Densidad de los Residuos Sólidos generados en centros de atención veterinaria de la ciudad de Machala. Fuente: Base de datos de la Investigación. Elaboración Propia

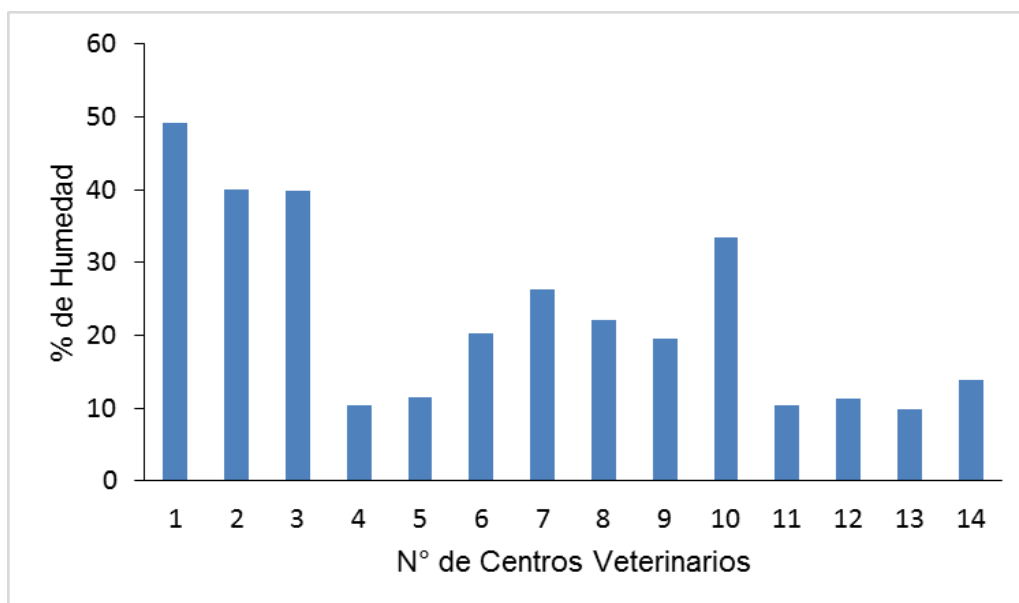
De los resultados obtenidos, se logró determinar la composición de los residuos generados en los centros de atención veterinaria, siendo predominantes los residuos Biosanitarios con un 48%, mientras que los residuos metálicos fueron los de menor predominancia como se muestra en la Figura N° 3.

### 3.5 Determinación de los análisis fisicoquímicos. Determinación de la humedad

Se logró determinar la humedad de los residuos generados en los centros de atención veterinaria, siendo predominante el porcentaje de humedad en el centro veterinario VINYO (Centro Veterinario N° 1) como se muestra en la Figura N° 4.



**Figura N° 3:** Composición física de los residuos sólidos generados en centros de atención veterinaria de la ciudad de Machala. Fuente: Base de datos de la Investigación. Elaboración Propia



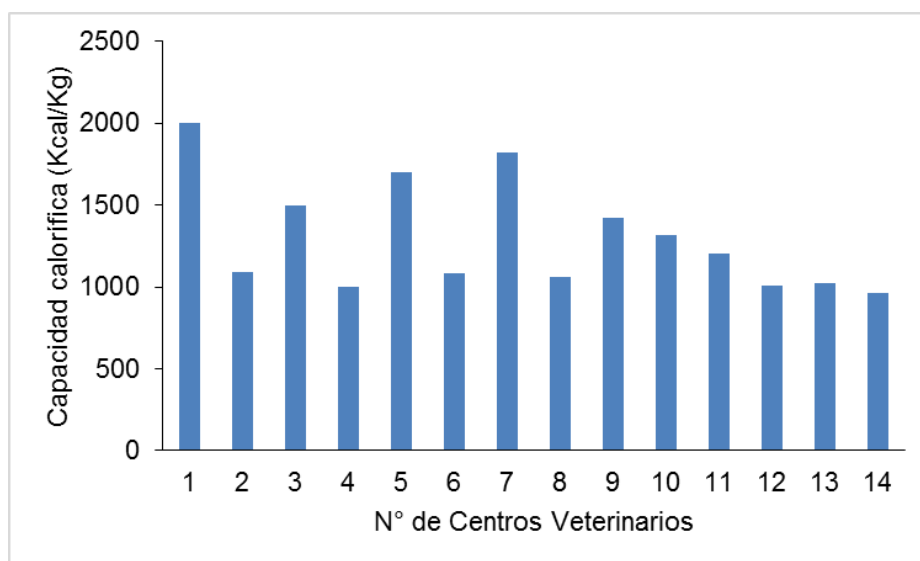
**Figura N° 4:** Humedad (%) de residuos sólidos generados en centros de atención veterinaria de la ciudad de Machala. Fuente: Base de datos de la Investigación. Elaboración Propia

### 3.6 Determinación de capacidad calorífica

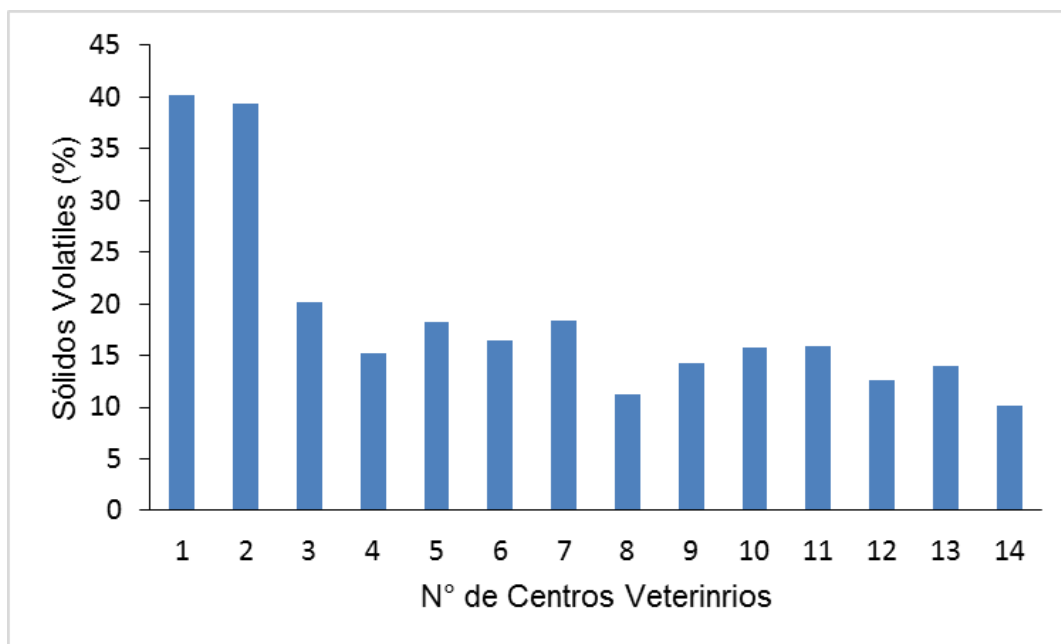
La capacidad calorífica se debe principalmente a las cantidades de carbono total, hidrógeno útil y azufre, por lo que en los resultados de la presente investigación se logró determinar el porcentaje de la capacidad calorífica de los residuos generados en los centros de atención veterinaria, siendo predominante en la mayoría de los centros veterinarios como se muestra en la Figura N° 5.

### 3.7 Determinación de sólidos volátiles y cenizas

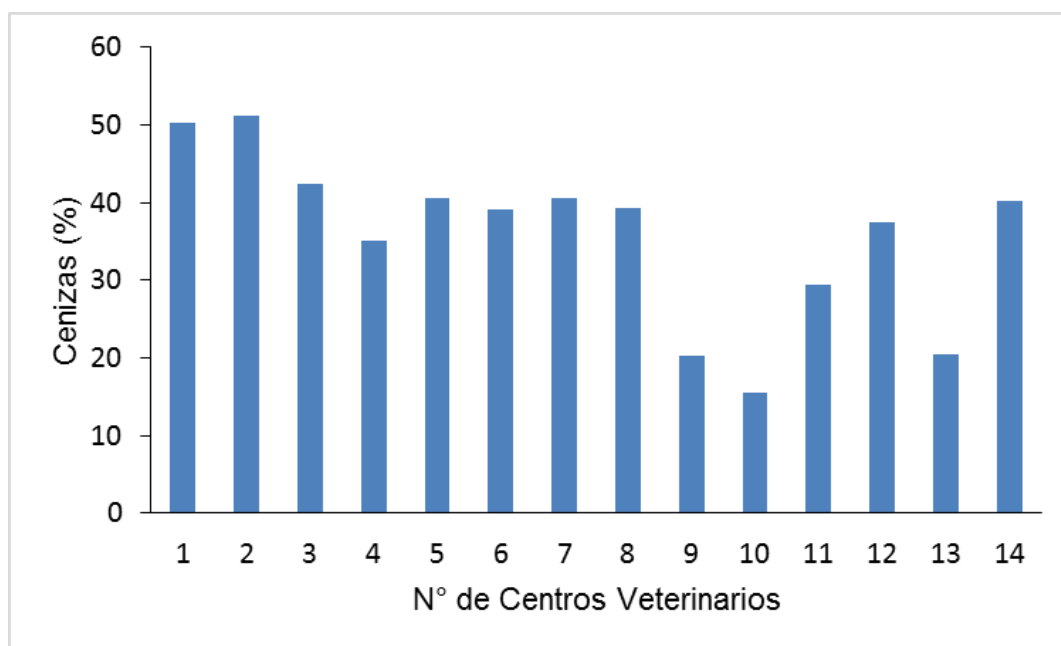
Se lograron determinar los sólidos volátiles y cenizas totales en los residuos generados en los centros de atención veterinaria, siendo predominante en porcentaje sólidos los centros veterinarios Vinyo y San Francisco (Figura N° 6), mientras que en la determinación de las cenizas la mayoría de los centros veterinarios no mostraron diferencias respecto a los porcentajes como se muestra en la Figura N° 7.



**Figura N° 5:** Capacidad calorífica (Kcal/Kg) de residuos sólidos generados en centros de atención veterinaria de la ciudad de Machala. Fuente: Base de datos de la Investigación. Elaboración Propia



**Figura N° 6:** Sólidos Volátiles (%) de residuos sólidos generados en centros de atención veterinaria de la Ciudad de Machala. Fuente: Base de datos de la Investigación. Elaboración Propia



**Figura N° 7:** Cenizas (%) de residuos sólidos generados en centros de atención veterinaria de la Ciudad de Machala. Fuente: Base de datos de la Investigación. Elaboración Propia



### 3.8 Análisis microbiológico

Se obtuvieron cifras elevadas de bacterias mesófilas y Pseudomonas en todos los centros veterinarios de la ciudad, no ocurriendo lo mismo con los coliformes totales y las levaduras que no arrojaron cifras alarmantes.

Hemos de señalar, que llama la atención la elevada cifra de bacterias mesófilas en el lixiviado de los residuos sólidos por lo que aconsejamos extremar las medidas higiénicas sanitarias al manejar estos productos para evitar la contaminación del personal del centro de salud (Tabla N° 2) (Figura N° 8).

Tabla N° 2: Resultados obtenidos por mililitro de solución. (UFC)

Bacterias Mesofilas																
Parte Superior	90	91	85	80	74	78	83	84	80	79	86	87	81	79	75	74
Parte Intermedia	95	91	90	89	87	85	83	84	81	80	88	89	82	87	88	81
Parte Inferior	92	94	93	98	95	92	94	96	93	91	90	88	85	89	86	84
Lixiviado	150	148	152	140	135	138	146	142	139	135	145	150	152	147	145	140

Pseudomonas																
Parte Superior	85	87	86	90	84	82	81	84	86	82	83	84	80	83	81	82
Parte Intermedia	85	87	86	88	86	90	85	84	87	84	85	80	79	81	79	80
Parte Inferior	92	94	93	95	91	93	94	95	96	97	98	95	98	99	98	92
Lixiviado	107.2	102	105	110	108	106	104	100	102	104	105	103	102	106	101	100

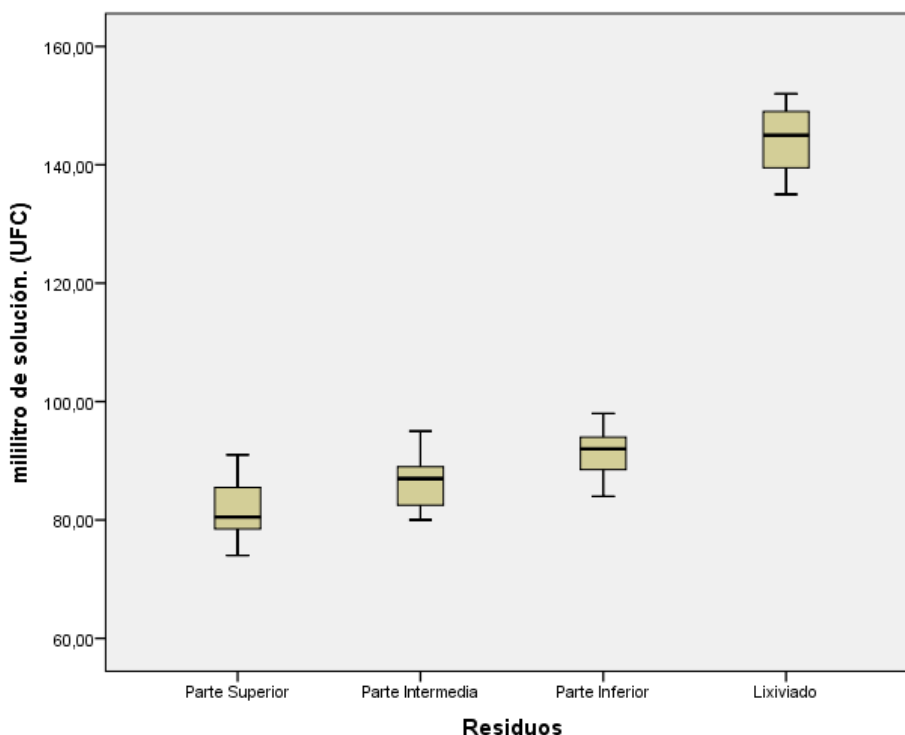


Figura N° 8: Análisis estadístico de bacterias mesofilas de residuos sólidos generados. ANOVA diferencia significativa entre todas P=0,00.

#### IV. CONCLUSIONES

1. En la actualidad los Centros Veterinarios de la Ciudad de Machala cuentan con una gestión básica, pero todavía incompleta, en el manejo de los residuos sólidos infecciosos, así como los otros tipos de desechos. Mediante esta investigación se han dado pasos iniciales para la gestión de los desechos, mediante la compra de tachos diferenciados por color para cada tipo de desecho.
2. Se observó que no existe una buena segregación de los desechos. Debido a que la segregación de los residuos sólidos veterinarios es la clave de todo el proceso de manejo, la concientización del personal para que ponga atención en este punto es fundamental.

#### V. AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Técnica de Machala de Ecuador, a la Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica - FIGMMG y al Vicerrectorado de Investigación de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, por el apoyo brindado en la realización de este proyecto.

#### VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Acurio, G. (2005). Diagnóstico de la Situación de Manejo de Residuos Sólidos Municipales en América Latina y el Caribe. (S. Edición, Ed.) Publicación conjunta del Banco Interamericano de Desarrollo y la Organización Panamericana de la Salud, 78.
2. Jiménez, M. (2012). Agencia Ecuatoriana de aseguramiento de la calidad del Agro - Agro calidad *Censo de establecimientos veterinarios*. Recuperado de: <http://www.agrocalidad.gob.ec/wp-content/uploads/2015/04/Manualdecentrosdeacopiobodegas1.pdf>
3. Beco, L., Guaguère, E., Lorente, C., et al (2013). Asociación Madrileña de Veterinarios de Animales de Compañía - AMVAC. *Residuos en clínicas veterinarias*, (no. 59). Recuperado de: <http://amvac.es/docs/revistaCentro/CV59.pdf>
4. Instituto Ecuatoriano de Estadísticas y Censos - INEC (2010). *Censo Poblacional*. Recuperado de: <http://anda.inec.gob.ec/anda/index.php/catalog/270>
5. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente - PNUMA (1995). *Clasificación básica de residuos sólidos según su naturaleza*. Recuperado de: [http://www.pnuma.org/deramb/normas\\_ambientales/Anexos&Otras/ClasificacionBasicaResiduos.html](http://www.pnuma.org/deramb/normas_ambientales/Anexos&Otras/ClasificacionBasicaResiduos.html)
6. Sakurai K. (1981). *Aspectos básicos del servicio de aseo; análisis de residuos sólidos; manual de Instrucción*. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente – CEPIS. Segunda ed. Lima, Perú: CEPIS.
7. Tello, C. (1991). *Diagnóstico preliminar de la situación de los residuos sólidos hospitalarios en Lima Metropolitana*. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente - CEPIS. Lima, Perú: CEPIS.
8. Torre, M. (1973). *Los residuos sólidos en un hospital del Servicio Nacional de Salud*. Informe técnico. Servicio Nacional de Salud. Lima, Perú.
9. Weiers, R. M. (1986). *Investigación de Mercados*. México, MX: Prentice Hall.