



Propuesta de sistema de gestión de residuos sólidos domésticos en la comunidad Waorani Gareno de la Amazonía Ecuatoriana

Proposal for the management system for domestic solid waste in the Waorani Gareno community of the Ecuadorian Amazon

Alberto Germán Vélez¹, Pedro Andrés Peñafiel^{2*}, Marco Heredia², Stefany Natali Barreno², Joselyn Fernanda Chávez²

¹Ministerio del Ambiente de Ecuador (MAE)

²Facultad de Ciencias de la Vida, Universidad Estatal Amazónica, UEA, Pastaza 160101, Ecuador

*Correspondencia: ppeñafiel@uea.edu.ec; ingalbertovelez@gmail.com;

mheredia@uea.edu.ec; amb20140036@uea.edu.ec; amb20140075@uea.edu.ec

Rec.: 03.06.2019. Acept.: 03.10.2019.

Publicado el 31 de diciembre de 2019

Resumen

La comunidad Waorani Gareno, ubicada en la parroquia rural Chonta Punta de la provincia de Napo, Amazonía ecuatoriana, ha presentado un incremento en la generación de residuos sólidos domésticos (RSD) debido principalmente a la apertura de vías para el asentamiento del campo petrolero bloque 21 de la empresa operadora ecuatoriana Petroamazonas EP. Todo ello ha provocado un mayor acceso a los bienes y servicios prestados en las ciudades, cambiando su modo de vida y generando un nuevo tipo de residuos. En el presente trabajo se determinó la dinámica cuantitativa y cualitativa de generación, y la producción per cápita diaria (PPC) de residuos sólidos en la comunidad mediante la metodología usada para el análisis de los residuos sólidos establecida por la Organización Panamericana de Salud (OPS). Para tal actividad se consideró como muestra a toda la población, es decir a los 174 habitantes distribuidos en 32 viviendas y se obtuvieron como resultados que la quema de los residuos es el proceso principal para su eliminación y que no existe un sistema de manejo adecuado de los mismos. La PPC calculada fue de 0.26 kg/hab/día con una generación total diaria de 45.39 kg, lo cual demuestra todavía un bajo acceso de la población a materiales y productos urbanos. En cuanto a la caracterización física de los residuos se determinó que la mayor parte corresponde a contenido orgánico con un 74.8%, y la parte inorgánica aprovechable a un 18.1%. Además, a partir de los resultados obtenidos se plantearon alternativas de recolección, transporte, tratamiento y disposición final de los residuos sólidos en la comunidad Gareno, dentro del diseño de un sistema de gestión integral.

Palabras claves: Comunidad indígena amazónica, gestión de residuos sólidos, producción per cápita de residuos sólidos.

Abstract

The Waorani Gareno community, located in the rural parish Chonta Punta of the Napo province, Ecuadorian Amazon, has presented an increase in the generation of solid waste mainly due to the opening of roads for the settlement of the company's 21 block oil field Ecuadorian operator Petroamazonas EP, which has caused greater access to goods and services provided in cities, changing their way of life and generating a new type of waste. In this work, the dynamics of generation and daily *per capita* generation of solid waste (PCGW) in the community were determined using the methodology used for the analysis of solid waste established by the Pan American Health Organization (PAHO). For this activity, the entire population was considered as a sample, that is to say, the 174 inhabitants distributed in 32 homes and the results were that the burning of waste is the main process for its disposal and that there is no adequate management system for the same. The calculated per capita waste generation was 0.26 kg /inhab/day with a total daily generation of 45.39 kg, which demonstrates a low population access to urban materials and products. Regarding the physical characterization of the residues, it was determined that the majority corresponds to organic content with 74.8%, and the inorganic part usable at 18.1%. In addition, from the results obtained, alternatives for collection, transport, treatment and final disposal of solid waste in the Gareno community were proposed, within the design of a waste management system.

Key words: Amazon indigenous community, waste management system, per capita generation of solid waste.

Introducción

Se conoce que en el mundo se genera alrededor de 1300 millones t/año de residuos sólidos (Avendaño Acosta, 2015; Porras, 2016), en donde los volúmenes de producción y características de los mismos son muy variables y están directamente en función del crecimiento poblacional (Passarini *et al.*, 2014; Rai *et al.*, 2019).

El incremento poblacional obliga a expandir las fronteras de explotación, y en el caso de Ecuador ha obligado el aprovechamiento de territorios vírgenes para obtener recursos naturales. Casi el 65% de la región amazónica de Ecuador está zonificada para la exploración y extracción de petróleo, lo cual se estima en unos 52000 kilómetros cuadrados. La mayoría de los bloques de concesión petrolera se superponen con las tierras ancestrales o tituladas de las tierras bajas Kichwa, Shuar, Achuar, Shiwiar, Cofán, Siona, Secoya, Zápara y Waorani (Lu & Silva, 2015).

Los proyectos de explotación traen cambios socio ambientales, la llegada de una vía al punto de extracción de los recursos implica que se impulse un nuevo proceso de colonización en toda esta franja de vía, además brinda a las comunidades que están de paso mayor facilidad para acceder a sitios poblados.

La producción per cápita (PPC), es la cantidad de residuos sólidos generados por habitante en un día (kg/hab/día), y es la base de cálculo para el diseño e implementación de un sistema de gestión integral de residuos sólidos (Ibikunle *et al.*, 2019; Rendón *et al.*, 2018). Existe una diferencia significativa en cuanto a los valores de generación per cápita en países desarrollados y subdesarrollados, por ejemplo, en Estados Unidos la PPC es de 2,008 kg/hab/día (Rondón Toro *et al.*, 2016), en Brasil el PPC a nivel de comunidades rurales es de 0.528 kg/hab/día (Bernardes & Günther, 2014) y en la parte urbana en Ecuador es de 0.57 kg/hab/día (INEC, 2016).

Una vez que las comunidades tienen mayor acceso a los bienes y servicios prestados en las ciudades el uso de estos bienes da paso al incremento en cuanto a la generación de residuos en las mismas. Es por esto, que las comunidades que antes se encontraban aisladas hoy en día han adoptado costumbres consumistas de la zona urbana, pero la gestión y la tecnología no avanza al mismo ritmo, lo que provoca que las comunidades no cuenten con un sistema organizado de gestión para los residuos sólidos.

La problemática relacionada con el manejo inadecuado de los residuos sólidos causa el deterioro del paisaje natural, haciendo evidente la contaminación del aire, agua, suelo y poniendo en riesgo la salud humana, por la proliferación de vectores transmisores

de enfermedades (Flores, 2009). Si no se invierte en soluciones de gestión de residuos sólidos sostenibles para las zonas rurales, es probable que en un futuro próximo estas zonas se enfrenten a problemas de salud ambiental relacionados con los residuos (Bernardes & Günther, 2014). Hay muy pocos estudios científicos sobre residuos sólidos domésticos rurales, y se necesita más trabajo de investigación para el desarrollo de políticas para el manejo apropiado de residuos sólidos. Este trabajo tuvo como objetivo caracterizar cuantitativa y cualitativamente los residuos sólidos, generados a nivel doméstico por las comunidades rurales amazónicas. En las comunidades ubicadas a orillas del río Juruá, en la Amazonia Brasileña, los residuos sólidos domésticos se han caracterizado a través de entrevistas a nivel de los hogares, y de estudios de los productos industrializados comercializados en las comunidades. Los resultados cuantitativos han demostrado que la generación de residuos sólidos en estas comunidades rurales alcanza 0.5 kg/persona/día. La materia orgánica representa el 90% de la generación de residuos sólidos domésticos, y es principalmente reutilizado para alimentar animales o se composta usando un método llamado paú. El 10% restante, corresponde a los residuos sólidos inorgánicos. El rol de la participación ciudadana es también de relevante importancia, ya que el Estado debería desarrollar los mecanismos apropiados para garantizar la participación activa de las comunidades y del sector privado en la gestión integral de residuos, orientando todos los esfuerzos en esta dirección, con acciones educativas dirigidas a crear conciencia ambiental en los hogares y demás fuentes generadoras (Guillen *et al.*, 2017).

Conocer esta problemática general de la generación de residuos nos llevó a realizar un diagnóstico cuantitativo y cualitativo del ciclo de vida de los residuos en esta comunidad, lo cual nos puede entregar una estimación del comportamiento de este tipo de nacionalidad en toda la Amazonía. Se desarrolló un análisis de la dinámica de la generación de los residuos sólidos en la comunidad Waorani Gareno, y la determinación de la producción per cápita promedio (PPC) junto a la composición física de residuos sólidos domésticos (RSD) generado. Además, se presenta una propuesta de sistema de gestión de los RSD que pretende mejorar la situación ambiental y económica del sector.

Materiales y métodos

La localización del área de estudio se presenta en la figura 1, que corresponde a la comunidad Waorani Gareno, del cantón Tena, provincia de Napo ubicada en la Amazonía ecuatoriana.

La comunidad Gareno está en el extremo occidental

por ocho días seguidos, descartando los resultados del primer día. Estas mediciones fueron realizadas del 14 al 20 de noviembre de 2018, y debido a la reducida población de la comunidad, se trabajó con la totalidad de las viviendas presentes conformadas por 174 habitantes.

Procedimiento para la toma de información

Primeramente, se socializó con la comunidad el objetivo y la metodología del trabajo que se realizó durante ocho días. Se estableció de manera coordinada con los líderes de la comunidad el lugar donde se llevó a cabo el trabajo de recolección y caracterización de los residuos sólidos. Posteriormente, se registró el nombre de la persona responsable, la dirección y el número de habitantes por vivienda, y se entregó las bolsas vacías a los propietarios de las viviendas, solicitando que depositen en ellas los residuos generados (excepto papel higiénico o sanitario), procurando no cambiar las costumbres o la rutina diaria. Al día siguiente, se recogió las bolsas con residuos y se entregó otras bolsas vacías a cambio, procurando que esta actividad se realizara a la misma hora del día anterior. Se identificó las bolsas con una etiqueta, donde se especificó el número de la vivienda, el número de habitantes por vivienda, dirección y fecha y se trasladó las bolsas con los residuos recolectados al lugar donde se realizó la caracterización de dichos residuos.

Procedimiento para la determinación de las producciones per cápita y totales diarias de residuos sólidos

Para empezar, se pesó diariamente la totalidad de las bolsas recogidas durante los días que duro el muestreo (se indicó que para el primer día de muestreo se elimina el residuo recolectado sin considerar sus datos para el análisis). Este peso representó (W_t) la cantidad total de basura diaria generada en todas las viviendas. En función a los datos recopilados sobre número de personas por vivienda, se determinó el número total de personas que han intervenido (N_t) en el muestreo. Luego, para obtener la generación per cápita diaria promedio de las viviendas muestreadas (kg/hab/día), se dividió el peso total de las bolsas (W_t) entre el número total de personas (N_t), como se indica en la Ecuación 1:

$$ppc = \frac{\text{Peso total de residuos } (W_t)}{\text{Número total de personas } (N_t)} \quad (1)$$

Procedimiento para la determinación de la densidad de los residuos sólidos

Primeramente, para definir el volumen que ocuparon los residuos sólidos, se utilizó un recipiente de 100 litros y una balanza de pie (Figura 2).

Se pesó el recipiente vacío (W_1) y se determinó su volumen (V) aplicando la Ecuación 2, para lo cual era

necesario conocer la altura (h) y su diámetro (d):

$$\text{Volumen } (V) \text{ (m}^3\text{)} = \pi \times (d/2)^2 \times h$$

Los residuos recolectados durante el día fueron depositados en el recipiente, sin hacer presión y meciéndolo de manera que se llenen los espacios en el mismo. Se pesó el recipiente lleno (W_2) y por diferencia se obtuvo el peso de los residuos sólidos (W). Finalmente, para calcular la densidad (D) de los residuos sólidos, se aplicó la Ecuación 3:

$$\text{Densidad } (D) \text{ (kg/m}^3\text{)} = \frac{\text{Peso del residuo } W \text{ (kg)}}{\text{Volumen de los residuos sólidos } V \text{ (m}^3\text{)}} \quad (3)$$

Procedimiento para la determinación de la composición física de los residuos

Inicialmente, el contenido de las bolsas se vació formando una pila. Se utilizó la muestra de un día, y se la colocó sobre un plástico grande, con la finalidad de no combinar los residuos con tierra. Se clasificó los residuos por componente: (Papel y cartón, restos de alimentos, plásticos, metales, vidrio, otros (madera, caucho, cuero, etc.)). Se clasificó los componentes en bolsas plásticas. Una vez concluida la clasificación, se pesó las bolsas con los diferentes componentes y por diferencia se obtuvo el peso de cada componente (P_i).

Teniendo en cuenta los datos del peso total de los residuos recolectados en un día (W_t) y el peso de cada componente (P_i), se pudo obtener el porcentaje de los mismos, con la utilización de la Ecuación 4:

$$\text{Porcentaje } (\%) = \frac{P_i}{W_t} \times 100 \quad (4)$$

El procedimiento se realizó durante los siete días que dura el muestreo de los residuos. Tomando en cuenta que de los ocho días iniciales que dura el muestreo, se eliminó la muestra del primer día. Gracias a esto, se determinó el porcentaje promedio de cada componente, sumando los porcentajes de todos los días de cada componente y dividiendo entre los siete días de la semana.

Propuesta de sistema de gestión de RSD

En base a los resultados determinados en el estudio de la producción y caracterización de los RSD generados en la comunidad Garenó, se desarrolló propuestas de manejo de la parte orgánica e inorgánica producida que van desde la correcta clasificación hasta su disposición final, tomando en cuenta las costumbres y disponibilidad de recursos humanos y económicos de la población.

Análisis estadísticos

Para la ejecución de los diferentes objetivos de este estudio, se utilizaron histogramas de frecuencia

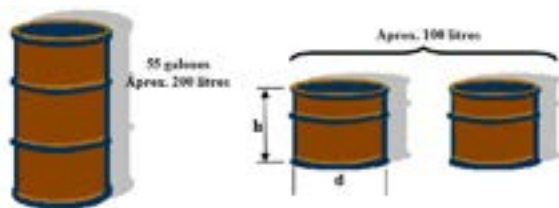


Figura 2. Recipiente de residuos para la determinación del volumen

desarrollados en hojas de cálculo de EXCEL y en el paquete estadístico STATISTICA, que sirvieron para realizar análisis de los resultados de la encuesta aplicada. Así mismo, se utilizó el mismo software estadístico para generar valores de media, mínimos, máximos y desviación estándar de los resultados de la producción y caracterización de los RSD generados en la comunidad, dentro de un análisis básico de estadística descriptiva.

Resultados y discusión

Dinámica de la generación de los residuos sólidos en la comunidad Waorani Gareno

Los resultados de la primera pregunta de la encuesta se muestran en la figura 3. Se observa que en la totalidad de las viviendas de la comunidad se generan restos de comida procesada y restos de frutas y vegetales. Así mismo, se determinó que el 73% (23 viviendas) generan plástico, el 53% (17 viviendas) generan papel y cartón, y el 41% (13 viviendas) generan otro tipo de residuos como metal, vidrio y madera. Además, los habitantes coinciden en que el único residuo que actualmente se reutiliza es la madera que es usada para la cocción de alimentos y las cenizas producidas son arrojadas a las chacras como abono natural, mientras que el papel higiénico o sanitario como residuo se genera únicamente en la residencia del subcentro de salud.

En cuanto al lugar y frecuencia de compra de los productos básicos (arroz, azúcar, sal, enlatados, bebida, etc.), el 37.5 % de la población escoge la ciudad del Tena (12 viviendas) y solo 1 vivienda realiza sus compras en la ciudad el Puyo, debido a la distancia entre estos dos puntos que es de 125 km, como se puede observar en el histograma de frecuencias mostrado en la Figura 4. Mientras que la mayoría, el 59.4% (19 viviendas), de la población prefiere comprar en la comunidad vecina de San Pedro pues esta se encuentra solamente a treinta minutos en transporte terrestre.

Otro parámetro consultado fue el destino final de los residuos sólidos generados en cada vivienda. La falta de un sistema de gestión integral de residuos sólidos en la comunidad, conlleva a que los moradores busquen la manera de eliminar los residuos generados en sus viviendas aplicando métodos que contribuyen

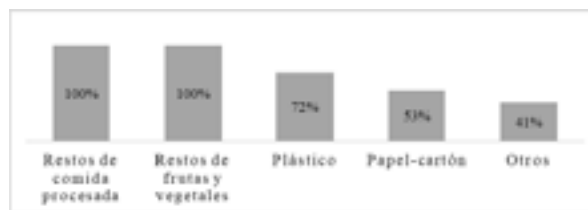


Figura 3. Tipos de RSD que se generan en la comunidad Gareno

a la contaminación de cuerpos hídricos, aire y suelo, afectando directamente la salud de la comunidad. En el histograma de frecuencias mostrado en la figura 5, se observa el destino final de los residuos sólidos generados.

Mediante la observación y la encuesta realizada a los moradores, se pudo constatar que el 66% de la población, es decir 21 viviendas, optan por quemar los residuos generados provocando emisión de contaminantes atmosféricos, mientras que el 31% de la población, que corresponde a 10 viviendas, ha construido hoyos para enterrar la basura los mismos que no tienen las condiciones de impermeabilización adecuadas, provocando que los residuos se encuentran en contacto directo con el suelo y que los lixiviados producidos por infiltración presumiblemente están contaminando cuerpos hídricos subterráneos.

Estos comportamientos en la disposición final de los residuos sólidos de comunidades rurales no son aislados a nivel latinoamericano, ya que se repiten en diferentes países como lo indica (Taboada-González *et al.*, 2013).

Por otro lado, el 3% de la población, representado por una vivienda, al encontrarse asentada a las riberas del río Humuyaku, arroja los residuos generados al mismo obteniendo como resultado contaminación hídrica y deterioro paisajístico de la zona. Además, se determinó que no existe ningún sistema de recolección de los residuos sólidos generados ya que ninguna familia deposita en contenedores sus desechos para que a posterior puedan ser recogidos. Esto se produce por falta de conocimiento y/o sensibilización en temas de manejo adecuado de los residuos, o a su vez por la no presencia de un sistema integral de gestión de los mismos. Otros inconvenientes presentados en comunidades remotas son las muy pocas opciones de transporte, economías de escala pobres y servicios esporádicos de recolección y reciclaje de residuos, tal como se menciona en (Crawford *et al.*, 2017).

La pregunta número cuatro consistió en determinar la percepción sobre la contaminación ambiental y la afectación a la salud pública producidas por el inadecuado manejo de los residuos. Es importante saber que la comunidad ha desarrollado parcialmente una conciencia ambiental, aunque desconocen cómo enfrentar el problema, lo cual se podría solucionar

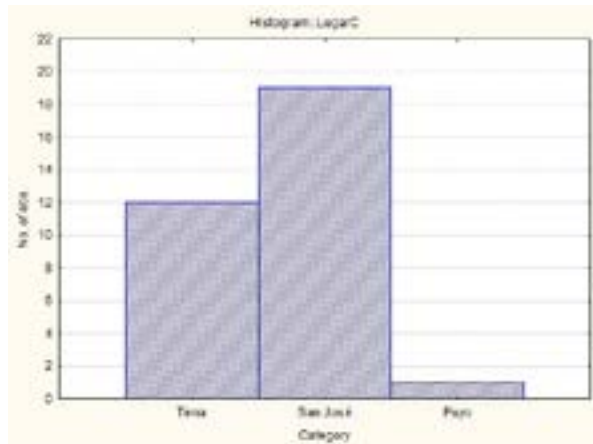


Figura 4. Centros poblados escogidos para la compra de productos básicos (Tena, San José y Puyo)

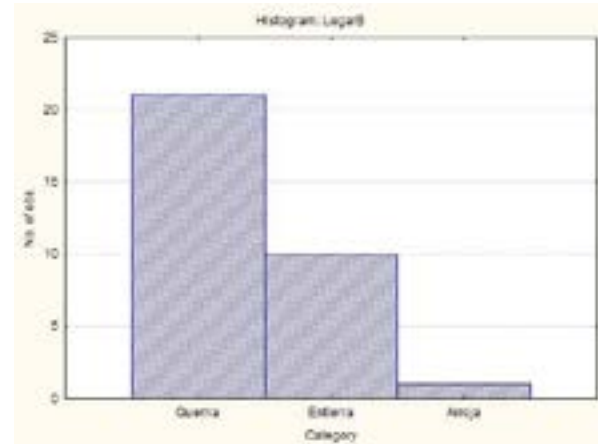


Figura 5. Disposición final de los RSD en la comunidad (Quema, Entierra y Arroja)

aplicando un sistema de gestión integral de residuos sólidos enfocado en las características sociales, ambientales y económicas del sector. El 100% de la población Waorani está consciente que existe un daño ambiental mediante acumulación de basura, pero todavía desconocen que la quema de los residuos, o arrojarlos al río, da paso a un deterioro ambiental. Así mismo, conocen que esta actividad produce la proliferación de ciertos vectores que son transmisores de enfermedades como el dengue, lo cual se ha presentado en países de la región como se menciona en (Olano, 2016).

Por otro lado, la indagación respecto a que, si en la comunidad existe algún sistema de gestión integral de residuos sólidos, arrojó el resultado, en el 100% de entrevistados, de que no se cuenta con un sistema de gestión de residuos, y que el recolector municipal no ingresa a la comunidad haciendo evidente la acumulación de estos productos. Este hecho se repite en este tipo de comunidades remotas de la mayoría de países latinoamericanos, generando enfermedades asociadas a la incorrecta disposición final de los residuos sólidos y a veces pueden alterar la integridad ecológica de fuentes de aguas superficiales vitales para la calidad de vida de las comunidades, como se menciona en (Mezúa & Domínguez, 2016).

Determinación de la producción per cápita promedio (PPC)

Los resultados diarios obtenidos de la PPC se pueden observar en la Cuadro 1. Estas mediciones fueron realizadas del 14 al 20 de noviembre de 2018. Se observa que la PPC promedio de RSD en la comunidad es de 0.26 kg/hab/día, valor que está dentro del rango normal para comunidades rurales, que va de 0.1 a 0.4 kg/hab/día, según lo confirma (Marco *et al.*, 2005) dentro de una publicación del Centro Panamericano de

Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS). En cuanto a otros trabajos realizados en comunidades indígenas amazónicas, cabe comentar que su existencia o disponibilidad pública es casi nula. Esto produce una limitación considerable al momento de desarrollar comparaciones de resultados y de encontrar similitudes de factores sociales, económicos o ambientales, que nos ayuden a generar análisis técnicos del comportamiento de este tipo de comunidades en el aspecto de la generación de RSD y su impacto en esta zona tan importante para el planeta.

Unos de los pocos estudios enfocados en el tema y realizados en la Amazonía, es el presentado por (Bernardes & Günther, 2014) en donde la PPC determinada fue de 0.5 kg/hab/día para las comunidades asentadas a lo largo del río Juruá en la Amazonía brasileña. Trabajos generados en otros sectores rurales de Latinoamérica, son por ejemplo el generado por (Mezúa & Domínguez, 2016) desarrollado en la comunidad de Pijibasal ubicada en el Parque Nacional Darién de la República de Panamá, en donde la población es netamente indígena y las condiciones socio-ambientales se asemejan. El trabajo indica que el PPC generado es de 0.47 kg/hab/día, el cual es similar al de la comunidad amazónica brasileña, pero sigue siendo más alto que el del asentamiento Waorani. Otro ejemplo es el presentado por (Taboada-González *et al.*, 2013) en donde se menciona que en las comunidades rurales de México la PPC va de 0.3 a 0.7 kg/hab/día.

Según estas comparaciones, se puede resaltar el hecho de que la comunidad de estudio de este trabajo mantiene todavía una generación reducida de residuos sólidos, lo cual podría deberse a que la mayoría de pobladores han tratado de mantener las mismas costumbres de alimentación y satisfacción de necesidades básicas que demandan las características

Cuadro 1. Producción per cápita promedio de RSD de las 32 viviendas de la comunidad Gareno

Producción per cápita diaria (PPC) (kg/hab/día)							
Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Día 7	PPC promedio
0.24	0.24	0.28	0.27	0.27	0.27	0.24	0.26

Cuadro 2. Densidad promedio de los RSD de las 32 viviendas de la comunidad Gareno

Densidad promedio de residuos sólidos (kg/m ³)							
Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Día 7	Densidad promedio
93.77	139.66	112.04	131.11	156.66	104.34	140.33	125.42

de la nacionalidad Waorani en nuestro país. Otro factor determinante podría ser que el nivel de pobreza en las zonas rurales de Ecuador todavía es alto, 40.3% según la encuesta de Indicadores de Pobreza y Desigualdad en Ecuador (ENEMDU, 2019), lo que ocasiona que estos sectores tengan bajo acceso a productos y materiales fácilmente susceptibles de generar RSD. En todo caso, surge la necesidad de desarrollar más trabajos enfocados en el sector amazónico, no solo de Ecuador sino de todos los países que comparten esta región, lo que permitiría adquirir un conocimiento más integral de todos los componentes involucrados en la generación de estos residuos.

Extrapolando los resultados del cuadro 1, se determinó que la PPC promedio mensual es de 7.83 kg/hab y la anual es de 95.2 kg/hab. También, se obtuvieron los valores de densidad diaria de los residuos sólidos producidos, los cuáles se muestran en la cuadro 2.

Como se observa en el Cuadro 2, se pudo determinar que la densidad promedio diaria de los residuos sólidos generados en la comunidad es de 125.42 kg/m³. En el estudio de (Mezúa & Domínguez, 2016) se obtuvo un valor de 273.72 kg/m³, que es superior al nuestro aunque como se menciona en también en el mismo, este resultado no se puede comparar con otros estudios ya que este parámetro depende del grado de compactación, pero también depende de la localización geográfica, la estación del año, el clima, los componentes y el tiempo de almacenamiento.

Determinación de la composición física de los residuos sólidos domésticos (RSD)

En este caso se realizó la caracterización de los RSD con el total generado de los mismos en toda la comunidad. Los resultados obtenidos se presentan en el Cuadro 3.

Se puede observar que en promedio la materia orgánica se genera en mayor cantidad correspondiente a un 74.8%, lo cual no representa un problema insostenible ya que toda la producción de este tipo de residuos en la comunidad se considera aprovechable y susceptible de aplicarla en procesos de compostaje, al ser principalmente cáscaras, cortezas de frutas, vegetales y restos de comida consumidos por los habitantes. Aquí sobresalen productos como el plátano y la yuca, que son la base de la alimentación de este tipo de comunidades amazónicas.

La distribución porcentual de todos los tipos de residuos muestreados y clasificados, se observa en la figura 6. En cuanto a los residuos de tipo inorgánico, se puede observar que el plástico como botellas PET y HDPE, papel, cartón y los metales corresponden al 18.7% de toda la producción de residuos sólidos de la comunidad, lo cual presenta una importante oportunidad de aprovechamiento mediante el reciclaje, reflejada en ingresos económicos.

Si verificamos los resultados obtenidos por (Mezúa & Domínguez, 2016), observamos que la parte orgánica corresponde al 58.74% y la parte inorgánica aprovechable al 41%, valores que son más altos por un lado y más bajos por otro, en cuanto al contenido orgánico e inorgánico, respectivamente, en referencia a nuestro trabajo. Esto fundamenta aún más la conclusión mencionada anteriormente, sobre el bajo acceso que todavía tiene la comunidad Waorani a los materiales y productos susceptibles de generar residuos presentes en la parte urbana. Mientras que los valores obtenidos por (Bernardes & Günther, 2014), se presentan con la misma tendencia de una producción mayoritaria de materia orgánica, en este caso un 90%.

Para complementar el análisis de los resultados

Cuadro 3. Caracterización de los residuos generados en la comunidad.

Composición física de los residuos sólidos (kg)								
Tipo de residuo	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Día 7	Promedio
Contenido orgánico	22.6	33.5	35.9	38.6	35.7	37.7	34.1	34.0
Papel-cartón	3.8	1.0	2.9	2.9	1.6	5.2	2.4	2.8
Plástico	5.6	2.9	5.6	3.3	5.9	2.9	3.7	4.3
Metal	2.4	1.1	1.5	1.3	1.5	0.7	1.2	1.4
Vidrio	0.8	0.0	0.0	0.4	0.1	0	0.2	0.2
Residuos sanitarios	0.6	0.4	3.4	0.1	0.1	1.5	0.1	0.9
Otros	6.4	3.0	0.0	0.6	2.1	0	0.4	1.8
Total	42.2	41.9	49.3	47.2	47	48	42.1	45.4

Cuadro 4. Estadística descriptiva de la producción y caracterización de los RSD de la comunidad Gareno

	# de mediciones	Media	Valor mínimo	Valor máximo	Desviación estándar
PPC	7	0.2609	0.24100	0.2830	0.01814
Densidad	7	125.4157	93.77000	156.6600	22.57769
Contenido orgánico	7	34.0143	22.60000	38.6000	5.34741
Papel-cartón	7	2.8286	1.00000	5.2000	1.39130
Plástico	7	4.2714	2.90000	5.9000	1.36713
Metal	7	1.3857	0.70000	2.4000	0.52418
Vidrio	7	0.2143	0.00000	0.8000	0.29681
Residuos sanitarios	7	0.8857	0.10000	3.4000	1.21577
Otros	7	1.7857	0.00000	6.4000	2.32983

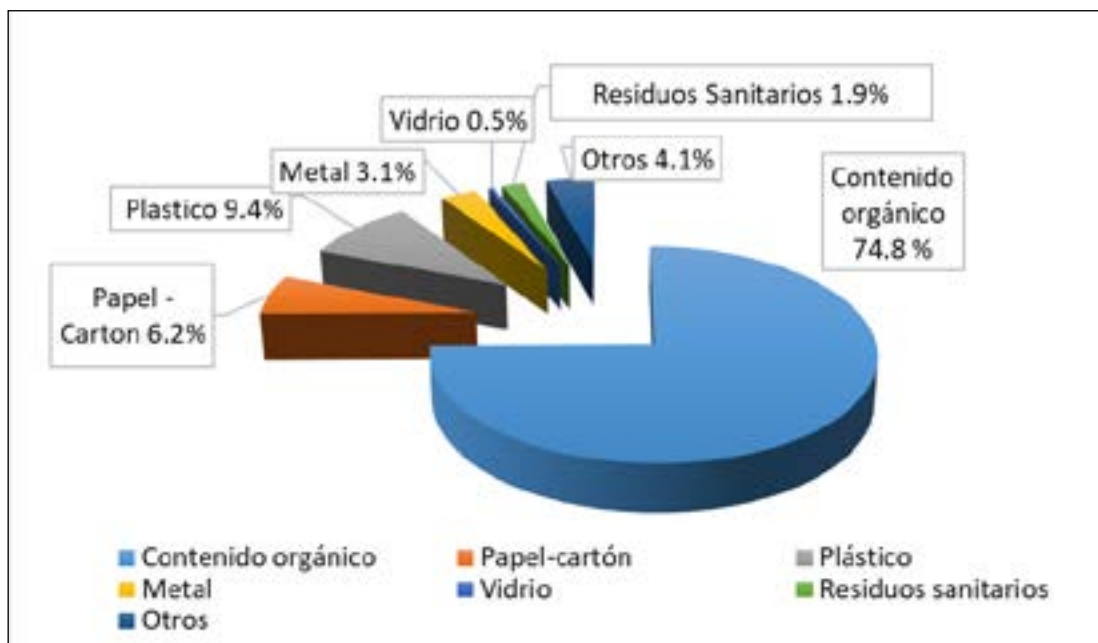


Figura 6. Composición de los RSD generados en la comunidad Gareno

referentes a la determinación del PPC, densidad y caracterización de los RSD, se desarrolló un diagnóstico estadístico de tipo descriptivo que se puede apreciar en el cuadro 4.

En base a estos resultados, se determinó que los valores de la PPC diarios y de densidad presentan una baja variación como lo indican los valores de desviación estándar de 0.018 y 22.578, respectivamente. Esto nos manifiesta que la producción de RSD en la comunidad es similar todos los días.

En cuanto a la caracterización de los RSD, se definió que el vidrio, los residuos sanitarios y la categoría definida como otros presentan la mayor variabilidad de resultados diarios en el estudio en base a los valores de desviación estándar. Como se había comentado anteriormente, los residuos de tipo sanitario únicamente se generan en el dispensario de salud de la comunidad, por lo que se concluye que la variación mostrada se debe a que el número de personas atendidas en el centro no es el mismo diariamente. Referente a la categoría otros, principalmente corresponden a restos de madera que se originan de acuerdo a la actividad que la población realice cada día, por lo cual su generación no es constante. Lo mismo ocurre con el vidrio.

Proyección de residuos sólidos en la comunidad

Se realizó una proyección de la generación de residuos sólidos en la comunidad, determinando la

población actual y futura en función de los índices de crecimiento poblacional, y estimando estos valores en diez años a partir de la ejecución de este estudio, lo cual quiere decir al año 2028.

Para calcular la población futura de la comunidad se utilizó la tasa de crecimiento de parroquia Chontapunta, de 0.67%, considerando el último censo llevado a cabo correspondiente al año 2010, ya que no existe información en el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC) específicamente de la comunidad Gareno. Para el año 2028 la población será de 196 habitantes.

En el cuadro 5, se muestran los valores de producción de residuos sólidos de la comunidad proyectados a través de los años.

Análisis del mercado de materiales reciclables

La viabilidad económica de un sistema de gestión integral de residuos en uno de sus apartados pasa por el dinero que se pueda recuperar de la venta del material reciclado. Esto depende de los precios de mercado, oferta, demanda y potenciales compradores en función del área de influencia del proyecto.

En la comunidad se generan residuos que en la actualidad poseen un valor económico como el plástico, papel, cartón e incluso los enlatados que pueden ser vendidos como chatarra. Por tal razón, se ubicó el centro de reciclaje "Peláez -Adelca", ubicado aproximadamente a 72 km de la comunidad de Gareno, siendo este el punto de reciclaje más cercano a la comunidad. Los valores de venta de residuos

Cuadro 5. Proyección de la generación de residuos

Nro.	Año	Población	PPC diaria	Producción diaria	Producción anual
		(hab)	(kg/hab/día)	t/día	t/año
0	2018	174	0.26	0.04	16.42
1	2019	175	0.26	0.05	16.68
2	2020	176	0.26	0.05	16.94
3	2021	178	0.27	0.05	17.31
4	2022	179	0.27	0.05	17.58
5	2023	180	0.27	0.05	17.85
6	2024	181	0.27	0.05	18.13
7	2025	182	0.28	0.05	18.42
8	2026	184	0.28	0.05	18.80
9	2027	185	0.28	0.05	19.10
10	2028	186	0.29	0.05	19.39

sólidos inorgánicos se presentan en el cuadro 6.

Mientras que el contenido orgánico procesado para obtener compost (abono orgánico), tiene un precio de venta de USD 7.0 el saco de 50 kg.

Proyección de residuos reciclables

En el cuadro 7, se presenta la producción proyectada de los residuos sólidos susceptibles a ser reciclados, en el área de estudio.

Conociendo los precios de venta de cada uno de estos residuos, en el cuadro 8 se presenta la rentabilidad económica de un posible proceso de reciclaje en la comunidad Garenó.

Recolectar durante dos meses los residuos de tipo inorgánico (papel- cartón, plástico y metal), sería la opción más adecuada para obtener ganancias de ventas importantes para la población, la cual sería de USD 124,20. Para hacer posible esto se necesitará la colaboración de la comunidad la misma que deberá designar una persona que se encargará del traslado y venta de los residuos hacia el centro de reciclaje más cercano. Por lo tanto, al valor mencionado se debería restar los costos de transporte de los residuos desde la comunidad hasta el centro de reciclaje, que es de USD

Cuadro 6. Valor económico de los residuos sólidos en el mercado

Valor económico de los residuos		
Papel- cartón	\$0.05	kg
Plástico (botellas)	\$0.40	kg
Metales (enlatados)	\$0.15	kg

20, adquiriendo una ganancia neta por el reciclaje de material inorgánico de USD 100.20.

En cuanto a la parte orgánica, la comunidad debería asignar a una persona quien se encargará de la elaboración del compostaje, principalmente de la actividad de volteo de la pila. Este proceso requiere aproximadamente entre 2-3 horas por semana por lo que la remuneración será de 25 dólares al mes. Sabiendo que la generación de residuos sólidos orgánicos es de 2040 kg aproximadamente cada dos meses, y que del 30 al 50% del peso total es transformado en compost según (Alcolea & González, 2000; Castillo, 2007),

tomando un valor referencial de 30% se obtendrían 12 sacos de 50 kg de abono orgánico en este periodo de tiempo. Por lo cual se obtendría un ingreso de venta de USD 84. A esto, se debe restar el costo de producción que corresponde al pago de la mano de obra correspondiente a USD 50, llegando a una ganancia neta de USD 34.

En resumen, la ganancia bimensual neta para la comunidad Gareno al optar por un proceso de reciclaje de los residuos sólidos aprovechables tanto inorgánicos como orgánicos, sería de USD 134.20.

Propuesta de sistema de gestión integral de residuos sólidos

La comunidad debe organizar su gestión de residuos, para esto es necesario clasificar y almacenar los residuos que tienen un valor económico como papel-cartón, plástico, metal y la parte orgánica generada. El material no reciclable, se deberá llevar al punto de acopio para la recolección de los residuos por parte del Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal (GADM) del cantón Tena que es el ente encargado de la gestión de los mismos. Para el almacenaje de los residuos inorgánicos, se dispondrá por separado de contenedores, que sean techados y que tengan una capacidad de almacenamiento suficiente para dos meses. Los residuos reciclables serán transportados cada dos meses al centro de reciclaje “Peláez-Adelca”, donde se podrán obtener las ganancias ya mencionadas.

En cuanto a la fracción orgánica, se propone que la comunidad asigne una persona quien se encargará de la elaboración del compostaje, y a la cual se le pagará una remuneración comentada anteriormente. Esta actividad ha constituido una fuente de ingresos económicos importantes para comunidades cercanas a la zona de estudio, específicamente en la provincia de Pastaza como lo indica (Velástegui-Espín *et al.*, 2018),

lo cual demuestra la sustentabilidad de este proceso.

La persona escogida podría ser alguien de la misma comunidad, que previamente haya sido técnicamente capacitada por parte del GAD municipal o parroquial correspondiente. El espacio a utilizar para este proceso, puede ser construido con materiales propios de la zona o donados por los mismos GAD's, mediante gestión con la empresa petrolera Petroamazonas EP, asentada dentro del área de estudio.

Esta opción es muy factible poder ejecutarla, y se lograría estar a la par de las alternativas de aprovechamiento de residuos orgánicos más utilizadas a nivel internacional junto al vermicompostaje (Porras, 2016). Así mismo, permitirá prevenir la emisión de contaminantes atmosféricos que se produce actualmente por la quema de los residuos sólidos, y a su vez evitará la contaminación de los recursos suelo y agua por la presencia de lixiviados producto de la degradación de la materia orgánica. Producirá también un beneficio económico para la comunidad al poder comercializar los residuos reciclables y el compost producido.

Conclusiones

Se determinó que la generación per cápita promedio de RSD en la comunidad Waorani Gareno, ubicada en la región amazónica ecuatoriana, es de 0.26 kg/hab/día, mientras que la generación total diaria es de 45.39 kg aproximadamente y la densidad promedio es de 125.42 kg/m³. Estos valores son inferiores a los obtenidos en comunidades indígenas de otros países de la región, pero están dentro del rango común para este tipo de asentamientos propuestos por el CEPIS. La falta de estudios enfocados en la generación de residuos sólidos en comunidades indígenas de la Amazonía en general, dificulta una comparación más amplia de

Cuadro 7. Materiales reciclables y su proyección

Materiales reciclables y su proyección (kg)				
	Semanal	Mensual	2 meses	Anual
Contenido orgánico	238kg	1020 kg	2040 kg	12410 kg
Papel - cartón	19.6kg	84 kg	168 kg	1022 kg
Plástico	30.1kg	129 kg	258 kg	1569.5 kg
Metal	9.8kg	42 kg	84 kg	511 kg

Cuadro 8. Rentabilidad económica de los residuos sólidos en la comunidad Gareno

Rentabilidad económica de los residuos sólidos (USD)				
	Semanal	Mensual	2 meses	Anual
Papel - cartón	0.98	4.2	8.4	51.1
Plástico	12.04	51.6	103.2	627.8
Metal	1.47	6.3	12.6	76.65
Total	14.49	62.1	124.2	755.55

Nuestros resultados, lo cual también demuestra una debilidad regional en esta temática que contribuye a un deficiente manejo en la zona de mayor biodiversidad del planeta, pero a la vez de mucha sensibilidad a este tipo de contaminación antropogénica.

Actualmente, todos los residuos sólidos generados son quemados (66%), enterrados (31%) y/o arrojados al río (1%), lo cual provoca importantes problemas de contaminación ambiental en el área de estudio, y es la fuente de enfermedades para la población. Ante esto se presenta una alternativa de manejo de los residuos sólidos generados, los cuales deben ser clasificados para aprovechar la fracción orgánica, que representa el 74.8% del total, en la producción de compost, mientras que la parte inorgánica aprovechable, que representa el 18.7% del total, se podría someter a un proceso de reciclaje.

La aplicación de esta propuesta de gestión de residuos sólidos en la comunidad, traería beneficios ambientales a la zona, además de los ingresos económicos que se generarían por la comercialización de los productos reciclados.

Bibliografía

- Albuja, A. A., & Proaño, J. (2008). Tigre, águila y waorani, una sola selva, una sola lucha: deuda ecológica de las transnacionales petroleras con el Pueblo Waorani y el Parque Nacional Yasuni: Acción Ecológica. Texto completo en <http://www.accionecologica.org/petroleo/yasuni/858-tigre-aguila-y-waorani-una-sola-selva-una-sola-lucha>, 20-30.
- Alcolea, M., & González, C. (2000). Manual de compostaje doméstico. Barcelona, España. Texto completo en <http://www.web-resol.org/cartilhas/manual-compostaje-en-casa-barcelona.pdf>, 14.
- Avendaño Acosta, E. F. (2015). Panorama actual de la situación mundial, nacional y distrital de los residuos sólidos. Análisis del caso Bogotá DC Programa Basura Cero. Texto completo en <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/3417/79911240.pdf?sequence=1>, 21.
- Bernardes, C., & Günther, W. M. R. (2014). Generation of domestic solid waste in rural areas: case study of remote communities in the Brazilian Amazon. *Human ecology*, 42(4), 617-623.
- Castillo, R. (2007). Elaboración de compost en Manizales a partir de residuos orgánicos urbanos. *Revista Luna Azul*. Manizales. Texto completo en http://lunazul.ucaldas.edu.co/downloads/Lunazul4_10.pdf, 3.
- Crawford, R. H., Mathur, D., & Gerritsen, R. (2017). Barriers to improving the environmental performance of construction waste management in remote communities. *Procedia engineering*, 196, 830-837.
- Encuesta Nacional de Empleo, Desempleo y Subempleo. (2019). Indicadores de Pobreza y Desigualdad. Texto completo en https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/POBREZA/2019/Septiembre-2019/201909_PobrezayDesigualdad.pdf, 6.
- Flores, C. B. (2009). La problemática de los desechos sólidos. *Economía*(27), 121-144.
- Guillen, A., Badii, M., Blanco, M., & Sáenz, K. (2017). La participación ciudadana en el contexto de desarrollo sustentable. *Innovaciones de negocios*, 5(9).
- Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. (2016). Estadística de Información Ambiental Económica en Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales. Texto completo en https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Encuestas_Ambientales/Gestion_Integral_de_Residuos_Solidos/2016/Presentacion%20Residuos%20Solidos%202016%20F.pdf, 14.
- Ibikunle, R., Titiladunayo, I., Akinnuli, B., Dahunsi, S., & Olayanju, T. (2019). Estimation of power generation from municipal solid wastes: A case Study of Ilorin metropolis, Nigeria. *Energy Reports*, 5, 126-135.
- Lu, F., & Silva, N. (2015). Imagined Borders:(Un) Bounded Spaces of Oil Extraction and Indigenous Sociality in "Post-Neoliberal" Ecuador. *Social Sciences*, 4(2), 434-458.

- Marco, A., Álvaro, C., & Leandro, S. (2005). Guía para el manejo de residuos sólidos en ciudades pequeñas y zonas rurales. España. Texto completo en http://www.bvsde.paho.org/cursoa_rsm/e/fulltext/pequena.pdf, 9.
- Mezúa, L., & Domínguez, V. M. (2016). Plan de manejo integral de residuos sólidos para la comunidad de Pijibasal, zona de amortiguamiento del Parque Nacional Darién, República de Panamá. *Revista de Iniciación Científica*, 2(2), 46-55.
- Olano, V. A. (2016). *Aedes aegypti* en el área rural: implicaciones en salud pública. *Biomedica*, 36(2).
- Passarini, K. C., Pereira, M. A., de Brito Farias, T. M., Calarge, F. A., & Santana, C. C. (2014). Assessment of the viability and sustainability of an integrated waste management system for the city of Campinas (Brazil), by means of ecological cost accounting. *Journal of Cleaner Production*, 65, 479-488.
- Porras, Á. C. (2016). Aprovechamiento de residuos orgánicos agrícolas y forestales en Iberoamérica. *Revista Academia y Virtualidad*, 9(2), 6.
- Rai, R. K., Bhattarai, D., & Neupane, S. (2019). Designing solid waste collection strategy in small municipalities of developing countries using choice experiment. *Journal of Urban Management*. Texto completo en <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2226585617301188>, 1.
- Rendón, A. F. M., Hurtado, S. H. V., Mesa, A. M. S., & González, J. M. V. (2018). Valoración de los residuos sólidos de la Comuna Dos de Bello (Antioquia), como sistema alternativo de aprovechamiento. *Cuaderno Activa*(10), 67-86.
- Rondón Toro, E., Szantó Narea, M., Pacheco, J. F., Contreras, E., & Gálvez, A. (2016). Guía general para la gestión de residuos sólidos domiciliarios. Texto completo en <https://www.cepal.org/es/publicaciones/40407-guia-general-la-gestion-residuos-solidos-domiciliarios>, 25.
- Taboada-González, P., Aguilar-Virgen, Q., Cruz-Sotelo, S. E., & Ramírez-Barreto, M. E. (2013). Manejo y potencial de recuperación de residuos sólidos en una comunidad rural de México. *Re-vista Internacional de Contaminación Ambiental*, 29, 43-48.
- Velástegui-Espín, G. P., Naranjo-Delgado, P. F., Pazmiño-Miranda, N. d. P., Vásquez-Freytez, C., & Yáñez-Yáñez, W. (2018). Características socio-económicas de pequeños productores de com-post en el Cantón Puyo, Ecuador. *Journal of the Selva Andina Biosphere*, 6(2), 76-85.