

Gestión de residuos sólidos de la ciudad de Juliaca - Puno - Perú

Solid waste management of the city of Juliaca - Puno - Peru

Candelaria Huamani Montesinos¹, Juan Walter Tudela Mamani² & Alcides Huamani Peralta^{2*}

¹ Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú

² Facultad de Ingeniería Económica de la Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú

* Autor para correspondencia: ahuamani22@yahoo.es

Candelaria Huamani Montesinos  <https://orcid.org/0000-0003-2726-7680>

Juan Walter Tudela Mamani  <https://orcid.org/0000-0002-5113-846X>

Alcides Huamani Peralta  <https://orcid.org/0000-0003-4363-5236>

REPORTE DE CASO

INFORMACIÓN DEL ARTÍCULO

Artículo recibido: 04/09/2019

Artículo aceptado: 31/12/2019

En línea: 22/01/2020

PALABRA CLAVE:

Compost,
residuos sólidos municipales,
reciclaje,
rentabilidad de los residuos sólidos.

CASE REPORT

ARTICLE INFORMATION

Article received: 04/09/2019

Article accepted: 31/12/2019

On line: 22/01/2020

KEYWORD

Compost,
municipal solid waste,
recycling,
profitability of solid waste.

RESUMEN

La ciudad de Juliaca presenta serios inconvenientes de gestión de residuos sólidos municipales, que en los últimos años ha inducido a implicancias adversas de gobernabilidad, conflictos sociales y en la salud de la población. El objetivo fue caracterizar los factores y condiciones de gestión de residuos sólidos, evaluando la posibilidad del reaprovechamiento y de determinar los costos e ingresos generados por la actividad. Se recolectó información, mediante un cuestionario de encuestas de manera aleatoria y por convivencia a una muestra de 267 jefes de familia en seis zonas de mayor concentración poblacional, las que fueron procesadas mediante estadística descriptiva complementadas con la información secundaria para determinar la capacidad de generación de residuos urbanos contrastado con proyecciones por 10 años. Los resultados, referidos a la generación, clasificación y venta de compost e insumos de residuos inorgánicos indujeron rentabilidad positiva para el año 2017, como consecuencia de generación de 75000 tm anuales de residuos sólidos municipales; de los cuales un 72% fueron aprovechables y el 28% no. Se concluye que la transformación de los residuos sólidos orgánicos a partir de papel-cartón, plásticos, vidrios metales incluido la producción de compost puede contribuir a la sustentabilidad, mejorar los ingresos equitativos de los beneficios resultantes de la utilización responsable de los recursos municipales.

ABSTRACT

The city of Juliaca has serious problems of municipal solid waste management, which in recent years has led to adverse implications of governance, social conflicts and the health of the population. The objective was to characterize the solid waste management factors and conditions, evaluating the possibility of reuse and determining the costs and revenues generated by the activity. Information was collected, by means of a questionnaire of surveys in a random way and by coexistence to a sample of 267 heads of family in six zones of greater population concentration, which were processed by means of descriptive statistics supplemented with the secondary information to determine the capacity of generation of urban waste contrasted with projections for 10 years. The results, referring to the generation, classification and sale of compost and inputs of inorganic waste induced positive profitability for the year 2017, as a result of the generation of 75,000 tons per year of municipal solid waste; of which 72% were usable and 28% were not. It is concluded that the transformation of organic solid waste from paper-cardboard, plastics, metal glass including the production of compost can contribute to sustainability, improve the equitable income of the benefits resulting from the responsible use of municipal resources.

INTRODUCCIÓN

En el año de 1961, la ciudad de Juliaca tenía 26351 habitantes, al año 2017, según el INEI, esta localidad tiene 307417 habitantes, los días lunes de feria semanal es aproximadamente 500000 personas. Sin embargo, los servicios de limpieza o gestión de residuos sólidos actualmente se ha convertido en uno de los problemas más críticos, debido a que el Estado no ha podido resolver de manera adecuada, generando conflictos socioambientales, de gobernabilidad, y de salud en las personas, Trigos (2010) sostiene que, “en la ciudad de Juliaca los efectos de los residuos sólidos sobre los trabajadores de limpieza son dérmica 86.66%, ocular 73.33%, respiratoria 96.6%, digestiva 93.33%; neuropsíquica 87.5%”.

La causa principal de la generación de residuos sólidos es el rápido crecimiento de la poblacional sin planeamiento, sin embargo, hay el interés de resolver este problema por parte del gobierno municipal, con la ejecución de proyectos de inversión pública referidos a la limpieza, sin lograr la efectividad ni la eficiencia. El Estado, a través del Ministerio del Ambiente implementa en la ciudad de Juliaca dos proyectos de inversión que contribuye a mitigar la crisis de la limpieza que afecta a toda de la población, principalmente a la población urbano marginal, “Los grupos más empobrecidos de la población habitan en estructuras edilicias precarias y con espacios reducidos, por lo que poseen los índices más altos de hacinamiento, por lo general la alimentación es deficiente, a lo que suma la baja cobertura de servicios básicos que reciben y las enfermedades asociadas a la contaminación de las aguas y/o acumulación de basuras; todas estas características están íntimamente ligadas a los niveles más altos de mortalidad infantil.”(p.44) (Bonfanti, 2004).

La gestión de los residuos sólidos, a través del reaprovechamiento en compostaje y la obtención de material para reciclaje del papel-cartón, plásticos, vidrio y metales, para su comercialización como insumos para otras actividades económicas, son una oportunidad para generar puestos de trabajo y una fuente de generación de ingresos monetarios de emprendimiento empresarial altamente rentable y sostenible, ésta es corroborada por investigaciones como Marmolejo (2011), al respecto manifiesta, “El aprovechamiento de materiales reciclables se centra en el plástico, metales ferrosos y no ferrosos, papel y cartón, vidrio y metales...”(p.8).

Por los mencionados, el estudio recolectó información, mediante un cuestionario de encuestas de manera aleatoria y por convivencia a una muestra de 267 jefes de familia en seis zonas de mayor concentración poblacional: salida Arequipa (34), salida Lampa (37), salida Cusco (40), salida Huancané (36), salida Huata-Coata (38), salida Puno (45) y centro urbano (37). Los datos fueron procesados mediante estadística descriptiva complementadas con la información secundaria para determinar la capacidad de generación de residuos urbanos contrastado con proyecciones por 10 años.

De ellas, el objetivo fue caracterizar los factores y condiciones de gestión de residuos sólidos, evaluando la posibilidad del reaprovechamiento y de determinar los costos e ingresos generados por la actividad.

REPORTE DE CASO Y DISCUSIÓN

Características Socioeconómicas.

Las actividades económicas a las que se dedican los jefes de familias, se puede observar que la mayoría se dedica al comercio (39.7%), luego otros se considera principalmente a

la actividad de mototaxista y de triciclista (34.8%), asimismo el 15.7% son empleados en negocios y/o empresas en la ciudad de Juliaca, el resto de actividades económicas al que se dedican es marginal; los resultados de las encuestas aplicadas corroborados con fuentes secundarias corrobora que la población de Juliaca, tienen como actividad principal a el comercio, representa el 90.2% de los encuestados.

Los ingresos de las familias en su mayoría oscilan de S/. 500 a S/. 1000, que representan el 39.7% y el 37.7% tienen ingreso entre S/. 1000 a S/. 2000, es decir los ingresos del 77.5% de las familias con menores a S/. 2000; podemos considerar que dichos ingresos son formales y caracterizan a las familias con bajos ingresos económicos.

Referido a la disponibilidad de servicios en los hogares, se puede apreciar claramente que la cobertura es muy precaria, exceptuando a que el 62.8% de los encuestados tienen el servicio de energía eléctrica, luego el servicio de agua potable es de tan solo el 23.1%, y el servicio de desagüe, teléfono fijo, internet y televisión por cable es muy restringido.

Con base a información primaria, se puede afirmar, en la ciudad de Juliaca solo el 43.1% de las familias son atendidas con el servicio de recojo de residuos sólidos y el 56.9%, no tienen dicho servicio municipal, siendo la situación más crítica en los barrios urbano marginales como son las salidas a Puno, salida a Huata, salida a Huancané, salida a Cusco, salida a Lampa y salida a Arequipa. Este servicio mayormente es realizado mediante camiones recolectores y motocarr o triciclo, con compactadora se infiere que cubre el 3% de la población. El servicio de recolección es muy deficiente, comparado con la ciudad de Puno, según Rojas (2012), se manifiesta que

“...el 57.86% que cuenta con el servicio de recolección recibe dicho servicio una vez por semana...” (p.160).

De los encuestados, sólo el 1.5% paga por el servicio de recolección de residuos sólidos municipales, luego, preguntado por si estarían dispuestos a pagar por la recolección, el 73.3% manifiesta que estarían dispuestos a pagar 5 o más soles por año por tener el servicio de recojo de residuos sólidos municipales, el 4.2% manifiestan estar dispuestos a pagar un sol al año por el servicio y un 22.4% pagarían al año S/. 3.00 nuevos soles. Podemos manifestar que la población consciente del problema de salud que genera el no recojo de residuos sólidos de las vías públicas, y tener una ciudad limpia, sí podrían asumir el financiamiento de la mejora del problema de limpieza pública. Calva-Alejo et.al. (2014), manifiesta que “Desde el enfoque integral, se destacan los procesos de educación ambiental, formal y no formal y se incorpora de manera central el conocimiento del manejo jerárquico de los residuos, para potencializar la recuperación de materiales”.

El 68.2% desecha residuos todos los días fuera del hogar, el 22.8% lo realizan cada dos días, lo cual implica que el recojo de los mismos debe realizarse diariamente. Tumi (2016), manifiesta que, “... el 33% de familias utilizan bolsas de polietileno para almacenar sus residuos sólidos...” (p.8), para el presente estudio se ha podido observar similar comportamiento.”.

Los encuestados han manifestado que la generación de residuos sólidos domiciliarios es 50.6% semanalmente de 7 a 10 kg, luego el 21.7% de hogares encuestados genera 5 kg. Por semana, y el 27.7% genera a la semana igual o menor a 4 Kg., es decir aproximadamente 0.5 kg. de residuos a la semana, se puede afirmar que es inferior a lo obtenido por Soto M.

(2016) en el Centro Poblado de La Rinconada-Ananea-Puno que fue de 0.81 Kg. Hab/día; los cuales son concordantes cualitativamente con lo estimado en el “Estudio de caracterización de residuos sólidos del Distrito de Juliaca” realizado por la Municipalidad Provincial de San Román-Juliaca en el año de 2015; en dicho estudio se estima que la generación per cápita de residuos sólidos domiciliarios en la ciudad de Juliaca fue de 0.536 Kg/hab/día.

La generación de residuos sólidos domiciliarios y no domiciliarios es realizado sin una clasificación o separación por tipo de residuos, como son papel, cartón, plásticos, vidrio, metales y otros; esta falencia es una oportunidad para implementar un plan de capacitación para segregar por tipo de residuos en la fuente de generación, que optimizaría recursos al implementar el reaprovechamiento que se plantea en la presente investigación, esta actividad ya se realiza en algunas localidades vecinas como en Ayaviri-Melgar, según Limachi (2015), “Se observa que de toda la población encuestada el 76% no separa la basura en su hogar y el 24% si lo separa.” (p.67), sin embargo esta actividad lo realizan para dar alimento a sus animales menores que tienen en su hogar, lo que generalmente no sucede en la ciudad de Juliaca.

La población de Juliaca es consciente del daño que genera los residuos sólidos sobre las vías públicas a la salud de las personas y el medio ambiente, representan el 92.9%, mientras que el 7.1% se manifiestan indiferentes sobre el problema de limpieza pública. Los resultados a los que concluye Huacani (2016), manifiesta que “El 65% de los encuestados no practica el reciclaje, y el 95% manifiesta que el sistema de recolección de basura no es eficiente, el 85% está de acuerdo con la implementación de un proyecto de reciclaje, el 74% pagaría por una tarifa mensual, esta situación involucra al

80% de las familias que estarían dispuestas a pagar por la incorporación de un sistema de reciclaje”(p.7); dichas conclusiones se complementan con los resultados de la presente investigación.

Respecto a la caracterización de los residuos sólidos, presentamos los resultados sobre la disponibilidad a participar por parte de la población en capacitaciones sobre el reciclaje; el 48.3% manifiesta que están muy dispuestos a participar en actividades de capacitación en temas del reciclaje de residuos sólidos, un 38.2% manifiestan estar poco dispuestos, el 12.7% se manifiesta indiferente, y un 0.7% no está dispuesto a participar en temas de reciclaje; podemos inferir que el 86% de la población de la ciudad de Juliaca estaría dispuesto a participar en eventos de capacitación sobre los beneficios de reciclaje de residuos sólidos. Carrasco (2007), manifiesta que “a partir de los 50 años de edad, las personas están más dispuestas a participar en capacitaciones de reciclaje” (p.36), lo cual se complementa con los resultados de la presente investigación. Una alternativa podría ser la capacitación en dicha materia en los colegios, asimismo el incentivo de la creación de empresas recicladoras que pueden tener resultados más efectivos, tal como llega a la conclusión Meza (2010), recomendando “Se recomienda la inclusión de las empresas recicladoras existentes en el Cantón, para el adecuado reciclaje de los residuos sólidos inorgánicos” (p.144).

Reaprovechamiento de los Residuos Sólidos Municipales en la Ciudad de Juliaca.

La caracterización de los residuos sólidos municipales en la ciudad de Juliaca, considera información del “Estudio de caracterización de residuos sólidos del Distrito de Juliaca” realizado por la Municipalidad Provincial de San Román-Juliaca en el año de 2015; en

dicho estudio se estima que la generación per cápita de residuos sólidos domiciliarios en la ciudad de Juliaca fue de 0.536 Kg/hab/día (se considera constante en los 10 años siguientes), con una tasa de crecimiento anual de la población urbana de 1.98% (INEI-Censo 1981-1993-205-2007), se calcula una población urbana proyectada al año 2017 de 289,862 habitantes, y se obtiene una generación de residuos sólidos domiciliarios de 155.37 Tn/día ó 56710.05 Tn/año. Resultados similares se ha obtenido para la ciudad de Chimbote-Perú, según Quillos (2018), “Se obtuvo una alta producción per cápita del componente orgánico (69,03% en peso de los residuos sólidos domiciliarios) respecto al promedio nacional (55% en peso de los residuos sólidos domiciliarios), resultados cercanos a los obtenidos por otras ciudades.” (p.12).

Asimismo, considera que la generación de residuos sólidos no domiciliarios (comercio, restaurantes, hoteles, mercados, instituciones y barrido) en la ciudad de Juliaca, proyectada al 2017 fue 51.98 Tn/día.

Tabla 1.

Proyección de la generación de residuos sólidos en la ciudad de Juliaca (2017-2027).

| AÑO | Población | Generación de RRSS domésticos t/año | Generación de RRSS no domiciliarios t/año | Generación de RRSS municipales t/año |
|------|-----------|-------------------------------------|---|--------------------------------------|
| 2017 | 289962 | 56728,17 | 18973,52 | 75701,68 |
| 2018 | 295703 | 58429,90 | 19542,69 | 77972,58 |
| 2019 | 301558 | 59586,81 | 19929,63 | 79516,44 |
| 2020 | 307529 | 60766,63 | 20324,24 | 81090,87 |
| 2021 | 313618 | 61969,81 | 20726,66 | 82696,47 |
| 2022 | 319828 | 63196,81 | 21137,05 | 84333,86 |
| 2023 | 326160 | 64448,11 | 21555,56 | 86003,67 |
| 2024 | 332618 | 65724,18 | 21982,36 | 87706,54 |
| 2025 | 339204 | 67025,52 | 22417,61 | 89443,13 |
| 2026 | 345920 | 68352,62 | 22861,48 | 91214,10 |
| 2027 | 352770 | 69706,00 | 23314,14 | 93020,14 |

Fuente: Elaboración propia con base a “Estudio de caracterización de residuos sólidos del Distrito de Juliaca”-2015.

Se puede afirmar que, en el año 2017, en la ciudad de Juliaca se generó 75701,68 Tn de residuos sólidos municipales, y en el año 2027, se generaría 93020,14 Tn de residuos sólidos municipales, los cuales deben ser tomados en cuenta para el reaprovechamiento y la generación de valor monetario mediante el reciclaje y la obtención de abono orgánico.

Por otra parte, la composición física de éstos residuos sólidos en la ciudad de Juliaca, muestra que el 42.39% son de origen orgánico, que pueden aprovecharse para producir abono orgánico ó compost; y el 29.78% son de procedencia no orgánico, como son papel, cartón, plásticos, vidrios, metales, maderas, etc., que pueden recuperarse y comercializarse como insumo en el mercado del reciclaje o su reciclaje; el 27.83% son residuos no reaprovechables, que deben ser dispuestos finalmente en un relleno sanitario.

A continuación, se presenta una propuesta de reaprovechamiento de residuos sólidos municipales para obtener abono orgánico o compost, cuyo uso tendría como destino la actividad agrícola comercializados a través de mercados local y regional; se propone que los dos primeros años sean de validación o demostrativo, luego cada dos años se incrementará el reaprovechamiento de materia orgánica en 20%, iniciando con un 20% del total de residuos reaprovechable.

Tabla 2.

Proyección de la generación de residuos sólidos orgánicos en la ciudad de Juliaca (2017-2027).

| AÑO | Población | Generación de RRSS Municipales t/año | Generación de RRSS orgánicos t/año | Reaprovechamiento | RRSS en planta para compost t/año | Producción de compost kg. |
|------|-----------|--------------------------------------|------------------------------------|-------------------|-----------------------------------|---------------------------|
| 2017 | 289962 | 75701,68 | 32089,94 | | | |
| 2018 | 295703 | 77972,58 | 33052,58 | piloto | 4957,89 | 1239472 |
| 2019 | 301558 | 79516,44 | 33707,02 | piloto | 5056,05 | 1264013 |
| 2020 | 307529 | 81090,87 | 34374,42 | 20% | 6874,88 | 1718721 |
| 2021 | 313618 | 82696,47 | 35055,03 | 20% | 7011,01 | 1752752 |
| 2022 | 319828 | 84333,86 | 35749,12 | 40% | 14299,65 | 3574912 |
| 2023 | 326160 | 86003,67 | 36456,95 | 40% | 14582,78 | 3645695 |
| 2024 | 332618 | 87706,54 | 37178,80 | 60% | 22307,28 | 5576820 |
| 2025 | 339204 | 89443,13 | 37914,94 | 60% | 22748,97 | 5687241 |
| 2026 | 345920 | 91214,10 | 38665,66 | 100% | 38665,66 | 9666414 |
| 2027 | 352770 | 93020,14 | 39431,24 | 100% | 39431,24 | 9857809 |

Fuente: Elaboración propia con base a "Estudio de caracterización de residuos sólidos del Distrito de Juliaca"-2015.

Proponemos que luego de 8 años, el reaprovechamiento de residuos orgánicos será procesado con una eficiencia del 100% por parte de la planta de elaboración de compost, lo cual significa que, en el año 2027, de 93020,14 Tn del total de residuos municipales, 39431,24 Tn tienen procedencia orgánica (42,39%) y el 100% será destinado a la planta de compostaje el 25% se convertirá en abono orgánico, es decir se obtendrá 9857.8 Tn de compost para el mercado.

Con respecto al reaprovechamiento de residuos no orgánicos, se propone que en los dos primeros años se considera su operación como piloto (15%), mediante una planta de segregación-trituración-compresión-empacadora, se obtendrá insumos para el mercado del reciclaje (papel-cartón, plásticos, vidrio, metales), luego cada dos años su eficiencia se incrementará en 20%.

Tabla 3.

Proyección de la generación de residuos sólidos inorgánicos en la ciudad de Juliaca (2017-2027)

| Año | Población | Generación de RRSS Municipales t/año | Generación efectiva de RRSS inorgánicos t/año | Reaprovechamiento | Demanda efectiva de RRSS inorgánicos t/año | Demanda efectiva de RRSS inorgánicos t/año |
|------|-----------|--------------------------------------|---|-------------------|--|--|
| 2017 | 289962 | 75701,68 | 22544 | | | |
| 2018 | 295703 | 77972,58 | 23220 | piloto | 1,91 | 696,61 |
| 2019 | 301558 | 79516,44 | 23680 | piloto | 1,95 | 710,40 |
| 2020 | 307529 | 81090,87 | 24149 | 20% | 2,65 | 965,95 |
| 2021 | 313618 | 82696,47 | 24627 | 20% | 2,70 | 985,08 |
| 2022 | 319828 | 84333,86 | 25115 | 40% | 5,50 | 2009,17 |
| 2023 | 326160 | 86003,67 | 25612 | 40% | 5,61 | 2048,95 |
| 2024 | 332618 | 87706,54 | 26119 | 60% | 8,59 | 3134,28 |
| 2025 | 339204 | 89443,13 | 26636 | 60% | 8,76 | 3196,34 |
| 2026 | 345920 | 91214,10 | 27164 | 100% | 14,88 | 5432,71 |
| 2027 | 352770 | 93020,14 | 27701 | 100% | 15,18 | 5540,28 |

Fuente: Elaboración propia con base a "Estudio de caracterización de residuos sólidos del Distrito de Juliaca"-2015.

En la ciudad de Juliaca, el 29,78% de los residuos sólidos son de procedencia no orgánica, de los cuales el 20% son reaprovechables para el mercado del reciclaje; se puede apreciar que el año 2027, de un total de 93020,14 Tn de residuos generados, 27701,4 Tn son residuos no orgánicos, luego 5540,3 Tn son residuos no orgánicos reaprovechados, que tendrían como destino el mercado de reciclaje de Arequipa.

Los residuos sólidos no orgánicos no reaprovechables que representan el 27,83% del total de residuos sólidos municipales generados en la ciudad de Juliaca, deberán ser destinados a un relleno sanitario. No obstante que sólo el 7,6% de los residuos sólidos municipales del interior del Perú en el año de 2015, conforme al Ministerio del Ambiente (2017), son destinados a rellenos sanitarios, con lo cual en la presente investigación podría ser un ejemplo de la solución al problema de la gestión de residuos sólidos municipales.

De los residuos sólidos orgánicos se pueden obtener, compost, humus, etc. En la presente investigación hemos elegido el compost, debido a que su aprovechamiento es realizable siempre, económicamente viable, técnicamente factible y ambientalmente conveniente. Estos residuos orgánicos se incorporan a la estructura del suelo, de los microorganismos y de las plantas causando beneficios ambientales, sociales, económicos y de salubridad al entorno; esta alternativa es la más usada debido a que permite tratar grandes cantidades de residuos, siendo el caso de la generación de los residuos sólidos urbanos.

La estructura de la inversión para la producción de compost con residuos sólidos orgánicos para la ciudad de Juliaca requiere una inversión inicial de S/. 928234,00, con lo cual se podrá

producir compost, con la generación de dicho residuo sólido, la cual representa el 42,39% de los residuos sólidos municipales generados en la ciudad de Juliaca anualmente; además se considera que el 20% de este último se dispone para el reaprovechamiento en compost.

Para fines de ejecutar dicha producción efectiva, se ha considerado que los dos primeros años, sea considerado como piloto que toma el 15%, luego los siguientes dos años, considera el 20%, luego los dos siguientes años, considera el 60%; y finalmente, los dos últimos años, para completar los diez años de horizonte de evaluación, consideremos el 100% del insumo disponible para su reaprovechamiento en compost.

Una de las técnicas para el aprovechamiento de los residuos sólidos inorgánicos urbanos es la segregación, triturado, compresión y empacado como insumo. Para reaprovechar los residuos sólidos inorgánicos, es necesario contar con una planta, que nos permita clasificar, y empacar de manera pertinente y ofrecer como insumo al mercado del reciclaje, para lo cual se ha considerado una estructura de su inversión, que requiere una inversión de S/. 3252452,00, para adquisición de terrenos, obras civiles, maquinaria y equipo, vehículos, muebles y enseres y otros.

Adicionalmente, de los residuos sólidos municipales generados, la parte inorgánica aprovechable o reciclable, representa el 29,78%, y que de ello sólo el 20% efectivamente puede ser reaprovechado mediante una separación, selección, y empacado como insumo para el mercado del reciclaje. El producto de materiales seleccionado, obtenido y empacado, técnicamente representa el 60% del insumo, lo cual se presenta a continuación.

Tabla 4.

Generación de insumos específicos para reciclaje con base residuos sólidos inorgánicos en la ciudad de Juliaca (2018-2027)

| AÑO | POBLACIÓN | Generación de RRSS municipales t/año | Generación efectiva de RRSS inorgánicos t/año | Reaprovechamiento Planta t/año | RRSS Inorgánico para reciclaje t/año | Papel cartón t/año | Plástico t/año | Vidrio t/año | Madera t/año |
|------|-----------|--------------------------------------|---|--------------------------------|--------------------------------------|--------------------|----------------|--------------|--------------|
| 2017 | 289962 | 75701,68 | 22543,96 | | | | | | |
| 2018 | 295703 | 77972,58 | 23220,24 | piloto | 207,45 | 14,94 | 25,81 | 14,73 | 8,51 |
| 2019 | 301558 | 79516,44 | 23680,00 | piloto | 211,56 | 15,23 | 26,32 | 15,02 | 8,67 |
| 2020 | 307529 | 81090,87 | 24148,86 | 20% | 287,66 | 20,71 | 35,79 | 20,42 | 11,79 |
| 2021 | 313618 | 82696,47 | 24627,01 | 20% | 293,36 | 21,12 | 36,49 | 20,83 | 12,03 |
| 2022 | 319828 | 84333,86 | 25114,62 | 40% | 598,33 | 43,08 | 74,43 | 42,48 | 24,53 |
| 2023 | 326160 | 86003,67 | 25611,89 | 40% | 610,18 | 43,93 | 75,91 | 43,32 | 25,02 |
| 2024 | 332618 | 87706,54 | 26119,01 | 60% | 933,39 | 67,20 | 116,11 | 66,27 | 38,27 |
| 2025 | 339204 | 89443,13 | 26636,16 | 60% | 951,87 | 68,53 | 118,41 | 67,58 | 39,03 |
| 2026 | 345920 | 91214,10 | 27163,56 | 100% | 1617,86 | 116,49 | 201,26 | 114,87 | 66,33 |
| 2027 | 352770 | 93020,14 | 27701,40 | 100% | 1649,90 | 118,79 | 205,25 | 117,14 | 67,65 |

Fuente: Elaboración propia.

Se puede apreciar, que cuando la planta opere al 100% de su capacidad, se obtendrá 118,79 t/año de papel, 205,25 t/año de plástico, 117,14 t/año de vidrio y 67,65 t/año de metales, todos ellos con destino al mercado de reciclaje regional. Las proporciones, para la obtención de dichos insumos, considera los resultados del “Estudio de caracterización de residuos sólidos del Distrito de Juliaca” realizado por la Municipalidad Provincial de San Román – Juliaca en el año 2015, que son los siguientes:

Papel-cartón: 7,20% de residuos sólidos inorgánicos

Plástico: 12,44% de residuos sólidos inorgánicos

Vidrio: 7,10% de residuos sólidos inorgánicos

Metales: 14,00% de residuos sólidos inorgánicos

Rentabilidad Económica del Reaprovechamiento de Residuos Sólidos

Considerando las inversiones y los flujos de ingresos y costos del reaprovechamiento de

los residuos sólidos municipales de compost y materiales reciclables se obtiene el flujo de caja a precios de mercado del reaprovechamiento de residuos sólidos. Los precios a los que se valoran los materiales reciclados son los siguientes: 1kg de papel=S/. 0,8, 1Kg de plástico=S/. 0,5, 1Kg de vidrio=S/. 0,2 y 1Kg de metales=S/. 0,3; en la localidad de Ayaviri-Melgar, Limachi (2015) manifiesta que “Una vez realizado el pesado de los residuos sólidos reciclables segregados por las viviendas se efectuó la comercialización de dichos residuos de acuerdo a la valorización económica que tiene los residuos sólidos reciclables en la ciudad de Ayaviri de acuerdo al mercado local el cual es de: S/. 0,50 el Kg de papel, el Kg de metal es S/. 0,20, y por último el Kg del plástico PET es de S/.0,30”, entendiéndose que no incorporan el triturado, compactado y empacado.” (p.68).

Tabla 5.

Flujo de caja a precios de mercado del reaprovechamiento de residuos sólidos en Juliaca.

| RUBRO/PERIODO | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|----------------|----------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| INGRESOS TOTAL | 0 | 1021927 | 1042161 | 1417062 | 1445119 | 2947466 | 3005825 | 4598011 | 4689052 | 7969825 | 8127627 |
| COSTOS TOTAL | 4180686 | 1369496 | 1369496 | 1369496 | 1369496 | 1369496 | 1369496 | 1369496 | 1369496 | 1369496 | 1369496 |
| INGRESO NETO | -4180686 | -347569 | -327335 | 47566 | 75623 | 1577970 | 1636329 | 3228515 | 3319556 | 6600329 | 6758131 |

Fuente: Elaboración propia.

La inversión representa S/. 4180686, el flujo neto en los dos primeros años es negativo, a partir del tercer año, los flujos son cada vez positivos. Esta tendencia se ve reflejada en los indicadores de rentabilidad.

Podemos concluir que, con un horizonte de evaluación de 10 años, una tasa de interés activa del mercado financiero de 18%, la rentabilidad económica del reaprovechamiento de residuos sólidos domiciliarios en compost y material reciclado de papel-cartón, plásticos, vidrio y metales, nos proporciona un valor actual neto de S/. 1329489,57, que es el beneficio neto actualizado en todo el horizonte de evaluación, la cual se considera altamente rentable, por otra parte, se complementa con una tasa interna de retorno de 21,87%, la cual es claramente superior a la tasa de interés con la cual se calculó el VAN, finalmente, se obtiene una rentabilidad de costo/beneficio de 1,13, es decir, que de S/. 100,00 destinado al reaprovechamiento de residuos sólidos municipales en la ciudad de Juliaca en 10 años, permitirá obtener en promedio un ingreso de S/113,00 o S/. 13,00 adicionales respecto a los costos.

Estos resultados se corroboran con los obtenidos por (Sandoval, 2004), La evaluación desde el punto de vista social (a precios de eficiencia), muestra en cambio que los beneficios totales que percibe la población por la posible ejecución del proyecto son superiores a los costos incurridos. Evaluando con una tasa de descuento del 12%, ajustando con las razones

precios cuenta del DNP y agregando la DAP hallada, se encuentra que el proyecto es viable socialmente, pues ofrece una tasa de interna de retorno de 28%, una relación beneficio costo de 1,597 y un valor presente neto positivo de \$ 1094,57 millones de pesos”.

Se concluye que la transformación de los residuos sólidos orgánicos a partir de papel-cartón, plásticos, vidrios metales incluido la producción de compost puede contribuir a la sustentabilidad, mejorar los ingresos equitativamente entre todos actores directos e indirectos a fin de que beneficien de los resultados de la utilización responsable de los recursos municipales para contribuir al ambiente y a la salud humana.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bonfanti, F. A. (2004). La incorrecta gestión de los residuos sólidos urbanos y su incidencia en la calidad de vida de la población de Resistencia. Tesis. Universidad Nacional del Nordeste, Corrientes, Argentina
- Carrasco, F. (2007). Determinantes de la separación y manejo de los residuos sólidos: un estudio de caso para la ciudad de Puno. Tesis. Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú
- Calva-Alejo, C. L. y Rojas-Caldelas R. I. (2014). Diagnóstico de la Gestión de Residuos Sólidos Urbanos en el Municipio de Mexicali, México: Retos para el Logro de una Planeación Sustentable.

- Recuperado de <https://www.researchgate.net/publication/263474073>
- Huacani, Y. (2014). Disposición a pagar por la incorporación de un sistema de reciclaje para los residuos sólidos domiciliarios en la ciudad de Juliaca, región Puno. Puno-Perú. Recuperado de <https://revistas.uancv.edu.pe/index.php/RCIA/article/viewFile/26/13>
- Limachi, A. (2015). Caracterización de los residuos sólidos domiciliarios reciclables y su valoración económica ambiental en la ciudad de Ayaviri, Melgar –Puno 2014. Tesis. Universidad Nacional del Altiplano, Puno Perú. Recuperado de <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/2806>
- Marmolejo, L. F. y Torres, O. R. (2011). Análisis de funcionamiento de plantas de Manejo de Residuos Sólidos en el Norte del Valle del Cauca, Colombia. Recuperado de <http://www.scielo.org.co/pdf/eia/n16/n16a13.pdf>
- Meza, M. E. (2010). Análisis y Propuesta de aplicabilidad de métodos y técnicas de aprovechamiento, recuperación y eliminación de residuos sólidos urbanos en Tabacundo, Cantón Pedro Moncayo, Ecuador. Tesis. Universidad Central de Ecuador, Quito. Recuperado de <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/236>
- Ministerio del Ambiente y Ministerio de Economía y Finanzas. (2013). Guía para la identificación, formulación y evaluación Social de Proyectos de Inversión Pública de servicios de limpieza pública a nivel de Perfil. Perú
- Ministerio del Ambiente. (2017). Cifras ambientales 2017. Perú. Recuperado de <https://sinia.minam.gob.pe/documentos/cifras-ambientales-2017>
- Municipalidad Provincial de San Román. (2015). Estudio de caracterización de residuos sólidos del Distrito de Juliaca. Perú
- Quillos R. S. et. al. (2018). Residuos sólidos domiciliarios: Caracterización y estimación energética para la ciudad de Chimbote. Revista de la Sociedad Química del Perú. ISSN 1810-634X. Vol.84 N° 3. Recuperado de http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1810-634X2018000300006, Lima, Perú.
- Rojas J. S. (2012). Disponibilidad a pagar por la mejora de manejo de residuos sólidos urbanos en la ciudad de Puno, 2011. Tesis. Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú. Recuperado de <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/316>
- Sandoval W. (2004). Análisis económico del manejo adecuado de los residuos sólidos para el municipio de Pamplona. Tesis. Universidad de Los Andes, Bogotá, Colombia
- Soto, M. (2016). Producción per cápita de residuos sólidos domésticos según factores socioeconómicos de los habitantes del Centro Poblado Mina Rinconada Ananea, San Antonio de Putina, Puno. Tesis. Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú. Recuperado de <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/3527>
- Trigos, C. I. (2010). Efectos del manejo de residuos sólidos en la salud de trabajadores de limpieza pública de los municipios de Puno y Juliaca-2009. Tesis. Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú
- Tumi, J. (2016). Actitudes y prácticas ambientales de la población de la ciudad de Puno, Perú sobre gestión de residuos sólidos. En Espacio Abierto, Venezuela. Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/122/12249087021.pdf>