

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental



Una Institución Adventista

Generación y estimación de residuos sólidos domiciliarios representados en el sistema de información geográfica en Tarma, Junín – Perú

Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero Ambiental

Autor:

Orlando Isaac Laguna Pilla

Gerladine Yomira Puchoc Amaya

Brenda Marlen Zurita Valenzuela

Asesor:

Rodrigo Alfredo Matos Chamorro

Lima, mayo del 2022

DECLARACIÓN JURADA DE AUTORÍA DE TESIS

Rodrigo Alfredo Matos Chamorro, de la Facultad de Ingeniería de Alimentos, Escuela Profesional de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que la presente investigación titulada: **“Generación y estimación de residuos sólidos domiciliarios representados en el Sistema de Información Geográfica en Tarma, Junín - Perú”** constituye la memoria que presenta los Bachilleres, Orlando Isaac Laguna Pilla, Geraldine Yomira Puchoc Amaya y Brenda Marlen Zurita Valenzuela, para obtener el título de Profesional de Ingeniero Ambiental, cuya tesis ha sido realizada en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

Las opiniones y declaraciones en este informe son de entera responsabilidad del autor, sin comprometer a la institución.

Y estando de acuerdo, firmo la presente declaración en la ciudad de Lima a los 26 días del mes de mayo del año 2022.



Rodrigo Alfredo Matos Chamorro

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En Lima, Ñaña, Villa Unión, a los **20 días** día(s) del mes de **mayo** del año 2022 siendo **las 08:30 horas**, se reunieron en modalidad virtual u online sincrónica, bajo la dirección del Señor Presidente del jurado: **Mg. Jackson Edgardo Pérez Carpio**, el secretario: **Mg. Joel Hugo Fernández Rojas**, y los demás miembros: **Mg. Iliana Del Carmen Gutiérrez Rodríguez** y el **Ing. Orlando Alan Poma Porras**, y el asesor, **Dr. Rodrigo Alfredo Matos Chamorro**, con el propósito de administrar el acto académico de sustentación de la tesis titulada: "Generación y estimación de residuos sólidos domiciliarios representados en el Sistema de Información Geográficas en Tarma, Junín - Perú"

de el(los)/la(las) bachiller/es: a) **ORLANDO ISAAC LAGUA PILLA**

..... b) **GERALDINE YOMIRA PUCHOC AMAYA**

..... c) **BRENDA MARLEN ZURITA VALENZUELA**

conducente a la obtención del título profesional de **INGENIERO AMBIENTAL**

(Nombre del Título profesional)

con mención en.....

El Presidente inició el acto académico de sustentación invitando al (los)/a(la)(las) candidato(a)s hacer uso del tiempo determinado para su exposición. Concluida la exposición, el Presidente invitó a los demás miembros del jurado a efectuar las preguntas, y aclaraciones pertinentes, las cuales fueron absueltas por el(los)/la(las) candidato(a)s. Luego, se produjo un Oreceso para las deliberaciones y la emisión del dictamen del jurado.

Posteriormente, el jurado procedió a dejar constancia escrita sobre la evaluación en la presente acta, con el dictamen siguiente:

Candidato (a): **ORLANDO ISAAC LAGUA PILLA**

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
APROBADO	17	B+	Muy Bueno	Sobresaliente

Candidato (b): **GERALDINE YOMIRA PUCHOC AMAYA**

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
APROBADO	17	B+	Muy Bueno	Sobresaliente


Candidato (a): **BRENDA MARLEN ZURITA VALENZUELA**

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
APROBADO	17	B+	Muy Bueno	Sobresaliente

(*) Ver parte posterior

Finalmente, el Presidente del jurado invitó al(los)/a(la)(las) candidato(a)s a ponerse de pie, para recibir la evaluación final y concluir el acto académico de sustentación procediéndose a registrar las firmas respectivas.

Presidente
Mg. Jackson Edgardo
Pérez Carpio



Secretario
Mg. Joel Hugo
Fernández Rojas

Asesor
Dr. Rodrigo Alfredo
Matos Chamorro

Miembro
Mg. Iliana del Carmen
Gutiérrez Rodríguez

Miembro
Ing. Orlando Alan
Poma Porras

Candidato/a (a)
Orlando

Candidato/a (b)
Geraldine

Candidato/a (c)
Brenda

Generación y estimación de residuos sólidos domiciliarios representados en el sistema de información geográfica en Tarma, Junín - Perú

Generation and estimation of household solid waste represented in the Geographic Information System in Tarma, Junín – Peru

Geraldine Y. Puchoc*¹; Orlando I. Laguna*¹; Brenda M. Zurita*¹; Jhon W. Torres*¹; Rodrigo A. Matos*²
geraldinepuchoc@upeu.edu.pe / orlandolaguna@upeu.edu.pe /brendazurita@upeu.edu.pe /
jhontorres@upeu.edu.pe / amatosch@upeu.edu.pe

¹ Facultad de Ingeniería y Arquitectura, EP de Ingeniería Ambiental, Universidad Peruana Unión, Lima, Perú

² Facultad de Ingeniería y Arquitectura, EP de Ingeniería de Alimentos, Universidad Peruana Unión, Lima, Perú.

Resumen

La contaminación ambiental provocada por los residuos sólidos es el resultado de una inadecuada disposición de los mismos, sumado al crecimiento poblacional, tiene una tendencia hacia el incremento de generación de estos desechos. Por lo tanto, el objetivo de esta investigación es realizar una estimación sobre la generación de residuos sólidos domiciliarios representados por el Sistema de Información Geográfica en la Provincia de Tarma, Junín - Perú. Se realizaron mapas de ubicación geográficas en 2D y 3D, el distrito de Tarma, por el método geométrico, tiene en 2021 una población aproximada de 55711 habitantes, con una Generación Per Cápita de residuos sólidos de 0.690 kg/día, equivalentes a 14030.7 ton/año. Mediante la estimación procesada desde el 2021 hacia el 2029 la tendencia mostró un crecimiento poblacional de 67878 habitantes llegando a un aumento del 19% diferenciándose el año 2021, mientras que con una Generación Per Cápita de residuos sólidos de 0.755 kg/hab/día, equivalentes a 18696.6 ton/año. Lo cual representa un crecimiento de un 25%. En conclusión, las estimaciones realizadas para la generación por cada distrito en la provincia de Tarma, demostraron que la GPC Kg/día es mayor de acuerdo al crecimiento poblacional, en cuanto al GPC Kg/año es proporcional demostrando una ascendencia de acuerdo a la estimación poblacional de la misma manera que la GPC Kg/día; por ende, los resultados de la estimación de residuos sólidos son representados en mapas temáticos en 2D y 3D que permiten una fácil comprensión al investigador sobre la información procesada y evaluada.

Palabras clave: *Estimación, generación, sistema de información geográfica, residuos sólidos, modelización.*

Abstract

Environmental pollution caused by solid waste is the result of improper disposal, coupled with population growth, tends to increase the generation of such waste. Therefore, the objective of this research is to estimate the generation of household solid waste represented by the Geographic Information System in the Province of Tarma, Junín – Peru. Geographical location maps were made in 2D and 3D. By the geometric method, the district of Tarma has in 2021 an approximate population of 55 711 inhabitants, with a per capita generation of solid waste of 0. 690 kg/day, equivalent to 14 030. 7 tons/year. Based on the estimate processed from 2021 to 2029, the trend showed a population growth of 67,878 inhabitants reaching an increase of 19% differentiating the year 2021, while with a Generation Per capita of solid waste of 0. 755 kg/inhab/day, equivalent to 18 696. 6 tons/year. Which is a 25 percent growth. In conclusion, the estimates made for generation by each district in the province of Tarma showed that the GPC Kg/day is higher according to population growth, whereas the GPC Kg/year is proportional, showing an ancestry according to the population estimate in the same way as the

GPC Kg/day; therefore, the results of the estimation of solid waste are represented on 2D and 3D thematic maps that allow the researcher to easily understand the processed and evaluated information.

Keywords: *Estimation, generation, geographic information system, modeling, solid waste.*

1. Introducción

La falta de información precisa sobre el manejo de los residuos es un desafío para el sistema de gestión de residuos sólidos municipales, debido a que las autoridades locales comúnmente no registran la cantidad de residuos producidos y menos su caracterización, estas acciones son consideradas el punto de partida para la planificación de la gestión de residuos sólidos (Noufal et al., 2020), además la inexistencia de datos es un aspecto limitante para realizar un estudio completo, así como puede ser un obstáculo significativo para encontrar una tendencia, una generalización o una relación significativa (Avello et al., 2019). Asimismo, los datos sobre la generación per cápita (GPC) de residuos sólidos domiciliarios (RSD) también son útiles para comparar las intensidades de los residuos entre regiones, ciudades, países, etc, a pesar de la utilidad de estas mediciones, la comparación de estos datos no está completamente asegurada debido a la inconsistencia y los datos poco confiables sobre la GPC en el manejo de RSD (Kawai and Tasaki, 2016).

Los sistemas incompletos de compilación de datos a nivel nacional dan como resultado una menor eficiencia en la comparación y confiabilidad de los datos nacionales, por lo general, en estos estudios, se aplican modelos de predicción para estimar la GPC de los RSD a nivel local y nacional, lo que permite asegurar la precisión de los datos obtenidos (Kawai and Tasaki, 2016). Por otro lado, los datos sobre la población con servicio de recolección y la generación de los RSD deben estimarse con la mayor exactitud posible, de lo contrario, los gobiernos locales y nacionales podrían estimar la generación de RSD per cápita de forma inadecuada, lo que dificulta la paridad de las estimaciones a lo largo del tiempo (Kawai, 2014 como se citó en Orihuela, 2018).

Según Kolekar et al. (2016) los modelos convencionales de predicción y/o estimación de generación de residuos, incluidos los modelos de correlación y regresión, generalmente utilizan factores demográficos y socioeconómicos. Por lo que, mayormente se consideran diversas variables en los modelos de predicción. El modelamiento, es una herramienta que permite evaluar, implementar, cambiar y mejorar los procesos de predicción mediante el uso de animaciones por computadora en tiempo e inversión razonable, incluye una amplia variedad de preguntas del tipo "qué pasaría si", sobre el sistema del mundo real. Por lo tanto, la herramienta utiliza capacidades de análisis espacial para generar una superficie de idoneidad (Lima et al., 2015).

El Software Geographic Information System (GIS) demuestra altas capacidades de automatización geoespacial, al realizar procesos y análisis de datos geográficos (Gobakis et al., 2017). Asimismo, se utiliza para importar, almacenar, administrar, analizar y visualizar datos espaciales. En la actualidad el uso de herramientas enfocadas en la ilustración cartográfica se ha desarrollado con mayor intensidad, porque permite observar a detalle factores geográficos y demográficos, siendo eficientes en diversos tipos de estudios científicos, mediante ilustraciones como la generación de residuos sólidos (RR.SS) de una población determinada en un plano cartográfico (Betanzo-Quezada et al., 2016).

La gestión de los RR.SS mediante el software GIS, facilita una base sólida para planificar y estimar la generación de desechos sólidos, así como, optimizar las rutas y el tiempo de recolección de estos

residuos mediante mapas cartográficos (Hina et al., 2020), además influye en la reducción de costo del proceso y consumo de combustible que consumen entre el 50-80% del presupuesto municipal destinado a la gestión de residuos, costos asociados con la gestión ineficaz de los desechos generados, la recolección inadecuada, los cuales impactan de manera negativa en el medio ambiente, generando graves problemas de salud, financieros y socioambientales (Hatamleh et afl., 2020). Un estudio realizado mediante el análisis multicriterio con la interpretación de la generación de RRSS en el software GIS, demostró un enfoque y conversión sobre la generación elevada de desechos en 9 áreas de estudios seleccionadas, por lo que, mediante la aplicación de tecnologías con estudios a futuro influiría en una viabilidad económica para muchos regímenes nacionales o locales. (Khan et al., 2018).

El sistema integrado de gestión de RR. SS requiere una predicción precisa, por ello es necesario considerar la tendencia del incremento de la tasa de generación de desechos en tiempo y área determinada. Sin embargo, la falta de registros históricos completos sobre la generación de RR. SS en muchos países en vía de desarrollo, debido a fondos insuficientes, administración inadecuada e instrumentos de medición limitados, son factores que dificultan estos cálculos (Azadi & Karimi-Jashni, 2016). Por otro lado, la causa principal de la generación excesiva de estos desechos está relacionado al crecimiento y movimiento poblacional rural a zonas urbanas; el aumento de nuevas regiones, migraciones por motivos laborales con la finalidad de mejorar las condiciones y calidad de vida, incluyendo el desarrollo económico que tiende a generar un aumento gradual de la producción de RR.SS (Montesinos et al., 2020).

Según Yang et al., (2019) en un estudio realizado demostró una ilustración acerca del impacto ambiental que generan el vertimiento y disposición ilegal de los residuos sólidos municipales (RSM); mediante una plan espacio-temporal en una de las comunidades de Shangai, China. El incremento de la población en dicha zona de estudio generó una preocupación ambiental, en conjunto a la perturbación del orden y salud pública que estos desechos llegan a producir al no estar correctamente gestionado por parte de las autoridades y no implementar un programa o sistema de gestión de los RR.SS.

La predicción de la tasa de generación total de los RR.SS por métodos comunes que consideran la tendencia de los mismos, es bastante desafiante. Por lo tanto, una técnica para abordar este problema de manera efectiva, considera desarrollar una tendencia en la variación de la proporción y estimación de los residuos de acuerdo al tiempo predictivo para simular la generación de desechos. Además otros estudios han realizado diversas metodologías de pronóstico, como sistemas expertos para simulaciones y técnicas de regresión lineal múltiple y no lineal (Azadi & Karimi-Jashni, 2016). Por consiguiente, los residuos sólidos municipales (RSM) son un problema de contaminación que afecta el medio ambiente y la vida humana. Por tal motivo, el correcto manejo de estos residuos debe tener una adecuada caracterización para cada una de las fuentes que contribuyen a estos RSM, tales como residuos sólidos domiciliarios (RSD), comerciales, agrícolas, etc (Ruiz et al., 2018).

Según el Ministerio del Ambiente en el Perú la generación per cápita(GPC), es aproximadamente de 0.84 kg de residuos sólidos de origen municipal a nivel nacional, por lo que el 70% terminan en basureros informales o es dispuesta a los ríos, lagos y al mar generando la pérdida de los espacios públicos, ecosistemas naturales, ocasionando la contaminación del suelo, aire y cuerpos de agua, los cuales se van convirtiendo en focos latentes de transmisión de plagas y enfermedades poniendo en peligro la salud pública y ambiental (Cahuaya, 2017).

La problemática de la gestión de los RR.SS se incrementa anualmente debido al rápido crecimiento demográfico, la concentración de la población en los centros urbanos, el uso de bienes materiales de rápido deterioro y el incremento de envases sin retorno fabricados con materiales no biodegradables (Freiles A., 2016), diversos estudios muestran que mucho de ello se debe a la mala gestión de las municipalidades a ello se suma la falta de sensibilidad de las personas para actuar de la manera correcta, y el acentuado consumismo que se aprecia en la población (López, 2014). La gestión de los RR.SS debe tener en cuenta los modelos urbanos diversos y variables. Este hecho muestra la necesidad de desarrollar sistemas integrados e informatizados para obtener soluciones más generalizadas y óptimas para el manejo y recolección de los RSM (Jimenez, 2015).

En el Perú, se estima que alrededor del 91.21% de la cantidad de RSM provienen de la población urbana de todos los distritos del país, que equivale a 1867 municipios a nivel nacional, los mismos que en su mayoría no cuentan con un sistema de gestión de RSM implementados con los procesos de minimización y segregación en la fuente, hasta la disposición final o el reaprovechamiento de los mismos (Gómez, 2020).

Li et al. (2018) menciona que la aplicación de una modelización geotemática sobre la generación de residuos sólidos se ha venido incrementando en los últimos años, lo cual nos permite conocer con más detalles aquella representación espacio-temporal. Actualmente en el Perú este tipo de estudio se continúa desarrollando, sin embargo, en la provincia de Tarma perteneciente al departamento de Junín, con respecto a sus distritos no existen estudios relacionados a esta temática. Durante varios años no se han realizado estudios sobre caracterización de residuos sólidos únicamente se ha compilado aquella data sobre la generación per cápita y total de los residuos sólidos en la provincia y sus distritos; Por lo cual, el presente trabajo de investigación tiene como objetivo realizar una estimación sobre la generación de residuos sólidos domiciliarios representados en el Sistema de Información Geográfica en Tarma, Junín - Perú.

2. Materiales y metodos

2.1. Descripción del área de Estudio

La provincia de Tarma, ubicada en la zona central del Perú a 3053 m.s.n.m, a 230 km de la ciudad de Lima, con una extensión de 2749.16 km² que representa el 6.22% de la Región Junín, entre las coordenadas 11° 25. 00. de Latitud Sur y 75° 41. 12. Oeste, está conformada por nueve distritos (**Tabla 1**) (Municipalidad Provincial de Tarma, 2016).

Tabla 1. Superficie terrestre de los distritos de la provincia de Tarma.

N°	Distritos	Superficie total de la provincia (%)	Área (km ²)
1	Tarma	16.7	459.95
2	Acobamba	3.5	97.84
3	Huaricolca	5.9	162.31
4	Huasahuasi	23.7	652.15
5	Unión Leticia	5.34	140.4
6	Palca	13.7	378.08
7	Palcamayo	6.16	169.24
8	San Pedro de Cajas	19.5	537.31
9	Tapo	5.5	151.88

Los distritos Huasahuasi y San Pedro de Cajas tienen la mayor superficie de la provincia, tienen gran vocación por la agricultura y la ganadería, le siguen en tamaño de área los distritos de Tarma y Palca; la **Figura 1** muestra la representación gráfica de los distritos donde limita por el norte: con la provincia de Junín, por el Sur: con la provincia de Jauja, Por el Oeste: Con las provincias de Yauli y Junín y Por el Este: con la provincia de Chanchamayo. (Municipalidad Provincial de Tarma, 2016).



Figura 1. Mapa de ubicación de la provincia de Tarma, Junín.

2.2. Insumos de entrada

La selección de las imágenes y/o representaciones gráficas son consideradas de acuerdo a las especificaciones cartográficas de la provincia de Tarma, de modo que se procesa los productos de información geográfica y demográfica con enfoque multipropósito para la obtención de un subproducto de acuerdo al levantamiento de datos. (Coca-Castro et al., 2021).

2.3. Levantamiento de datos

En el caso la recolección de datos para estimar a futuro los residuos sólidos de los distritos de Tarma, se revisó los datos proporcionados por el Sistema de Información para la Gestión de Residuos Sólidos – SIGERSOL del Ministerio del Ambiente - MINAM, mediante sus páginas webs (<https://sistemas.minam.gob.pe/SigersolMunicipal/#/panel>) documentos de gestión de residuos de cada de las localidades, es decir Planes Integrales de Gestión Ambiental de Residuos Sólidos (PIGARS), estudio de caracterización de residuos sólidos e informes anuales de la Municipalidad provincial de Tarma.

2.4. Imputación de datos

Los datos faltantes se completaron mediante el método de imputación de la media bajo ciertas condiciones en un corto periodo de tiempo por lo que no se generan variaciones significativas.

Asimismo, se obtuvo un conjunto de datos completos y consistente, a los que se puedan aplicar las técnicas estadísticas ordinarias (Bello et al., 2020).

2.5. Estimación de datos

Se estimó la población futura, según la curva de crecimiento elegida tomando en cuenta la información censal brindada por el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) en el 2017; Así mismo se aplicó los métodos geométricos para proyectar el número de beneficiarios de la Provincia de Tarma (Ramos, 2018).

Después de finalizar los criterios y establecer los pesos de importancia relacionados para cada uno de ellos, se creó la base de datos en el software GIS, seguida por el procesamiento de datos, integración, manipulación o conversión. Por ello se adjuntó la base de datos en la tabla de atributos y aplicó la ecuación 1 en calculator del software GIS para realizar la estimación al año 2029, usando el método geométrico:

$$P = P_i * (1 + r)^{(tf-ti)} \dots\dots\dots \text{ecuación (1)}$$

Donde:

- P= Población a calcular (hb)
- Pi= Población inicial (hb)
- r= tasa de crecimiento poblacional (1 a 4%)
- t= tiempo inicial (año)
- tf= tiempo final (año)

Para la estimación de la Generación Per Cápita (GPC) en crecimiento se empleó la ecuación 2:

$$GPC = GPC_i * (1 + s)^{(tf-ti)} \dots\dots\dots \text{ecuación (2)}$$

Donde:

- GPC= Generación per cápita a calcular (kg)
- GPC = Generación per cápita anual (kg)
- s= tasa de crecimiento (1%)
- ti= tiempo inicial (año)
- tf= tiempo final (año)

Con los resultados de las ecuaciones 1 y 2 se visualizó de manera mucho más rápida la curva de crecimiento (Parra et al., 2019), en base a estos datos se realizó los mapas geográficos de ubicación de cada población georeferenciada con ayuda de los shapefile de las principales ciudades, que son ubicadas según su dirección en base a planos de gobiernos regionales, municipalidades, cartografía urbana del Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) y a través de imágenes satélite del Ministerio de Educación (MED).

2.6 Desarrollo en el software GIS

Para realizar los mapas de ubicación se descargaron los shapefile de la plataforma GEO GPSERU que incluyeron, el océano pacifico, países, departamentos, provincias, distritos, vías, lagos y lagunas, que a su vez estaban georeferenciadas, para posteriormente incluirlas al ARCGIS.

2.6.1 Proceso de ingreso de desarrollo de mapas

Se clasificó por carpeta cada shapefile para ser procesados, mediante el comando file, se guardó con el nombre correspondiente a cada Distrito (Huasahuasi, Huaricolca, Acobamba, San Pedro de Cajas, Palcamayo, Tapo, Tarma, Palca, La Unión). Por otro lado, mediante el comando data frame se georeferenció la hoja en UTM y Zona 18s porque se trabajó en un área de Perú. Para desarrollar los mapas de ubicación se utilizaron el comando de Catalog donde se ubican todos los shapefile y se fue insertando cada uno para dar forma a los mapas, además, se utilizó la herramienta clip para recortar y separar cada distrito, provincias o departamentos, con el comando symbology se agregó los nombres de cada lugar. Para culminar la etapa del diseño se agregó las grillas, mediante la herramienta data frame junto a la leyenda, escala, dirección norte y el membrete.

2.6.2 Proceso de ingreso de datos en GIS

Culminado la etapa de desarrollo del mapa provincial de Tarma, se ingresó a cada uno de ellos la base de datos del SIGERSOL mediante la tabla de atributos que se encuentra en el comando de propiedades, donde se estimó desde el año 2021 al 2029, aplicando la fórmula de crecimiento poblacional y estimación de datos con el comando field calculator para todos los distritos. Para ser exportados estos datos, se tomó en cuenta la generación per cápita, kg-hb/año, GPC tn-año y la población, se agregó al comando export data convirtiéndose en shapefile, previamente se crearon carpetas externas, cada distrito se realizó por cada año desde el 2021 al 2029, donde fueron insertados mediante una herramienta de Arcgis denomina ArcScene donde se mostró los años y distritos con mayor crecimiento poblacional de manera animada (3D).

2.7 Visualización preliminar

Se utilizaron mapas y barras para visualizaciones preliminares para entender mejor el comportamiento de los datos, la **Tabla 2** muestra los valores de los distritos de interés, donde el primer paso es la exploración de datos, que consistió en identificar los antecedentes de la generación de residuos sólidos. En el segundo paso, se analizaron las variables para definir la estimación del crecimiento poblacional y la generación total de residuos por año considerando como base la caracterización de los mismos.

Tabla 2. Levantamiento de base de datos.

Distrito	Año de Generación	Población (hab)	Datos de Generación		
			GPC (kg/hab-día)	GPC (kg/hab-año)	Gen x año (ton/año)
Acobamba	2017	10065	0.360	131.4	1322.5
	2018	10317	0.364	132.7	1369.2
	2019	10575	0.367	134.0	1417.4
	2020	10839	0.360	131.4	1424.2
Palca	2017	5975	0.446	162.8	972.7
	2018	6124	0.450	164.4	1007.0
	2019	6277	0.455	166.1	1042.5
	2020	6434	0.460	167.9	1080.3
San Pedro de Cajas	2017	3704	0.304	110.8	410.3
	2018	3797	0.307	111.9	424.8
	2019	3892	0.310	113.0	439.8
	2020	3989	0.290	105.9	422.2
La Unión	2017	3673	0.284	103.7	380.7
	2018	3765	0.287	104.7	394.2
	2019	3859	0.290	105.7	408.1
	2020	3955	0.320	116.8	462.0
	2017	3438	0.520	189.8	652.5

Palcamayo	2018	3524	0.340	124.1	437.3
	2019	3612	0.350	127.8	461.4
	2020	3702	0.640	233.6	864.9
Tarma	2017	50471	0.670	244.6	12342.7
	2018	51733	0.470	171.6	8874.8
	2019	53026	0.540	197.1	10451.4
	2020	54352	0.540	197.1	8869.3
Huasahuasi	2017	10691	0.450	164.3	1756.0
	2018	10958	0.455	165.9	1817.9
	2019	11232	0.459	167.6	1882.0
	2020	11513	0.450	164.3	1891.0
Tapo	2017	4714	0.490	178.9	843.1
	2018	4832	0.495	180.6	872.8
	2019	4953	0.500	182.4	903.6
	2020	5076	0.505	184.3	935.4
Huaricolca	2017	2001	0.450	164.3	328.7
	2018	2051	0.459	167.6	343.7
	2019	2102	0.459	167.6	352.2
	2020	2155	0.464	169.2	364.7

En el tercer paso, las tablas y los gráficos fueron diseñados de manera general a específica, se representó gráficos para cada variable y 8 gráficos en 3D que incluye el comportamiento de los datos con el fin de obtener una visualización al respecto de la generación de RRSS y crecimiento poblacional. Este enfoque propone varios tipos de tablas y gráficos y con períodos de tiempo cada vez más específicos, para observar mejor los valores más críticos en diferentes escalas de tiempo. Por consiguiente, este tipo de enfoque permite centrarse en los valores más altos registrados y analizar sus posibles causas y/o consecuencias a futuro.

2.8 Criterio de evaluación sobre los niveles GPC (kg/hab/día), GPC (kg/hab/año), Crecimiento Poblacional, y GT (ton/año)

El criterio de evaluación de generación per cápita nacional promedio es 0,7 kg/hab/día tomándolo como base, de acuerdo al Sistema Nacional de Información Ambiental (SINIA) del Perú. Y a partir de este dato se establecieron rangos de medida para ser aplicados en el proceso de datos dentro del software ArcGis. Cabe recalcar que la **Tabla 3** considera los siguientes rangos de evaluación bajo en valor nacional de GPC por el SINIA.

Tabla 3. Rangos de evaluación referente a la generación per cápita evaluada frente a valor promedio según Sistema Nacional de Información Ambiental (SINIA).

Rangos de evaluación		Valor SINIA (kg/hab/día)
Descripción	Valor (kg/hab/día)	
Muy Bajo	0,1 - 0,30	0.7
Bajo	0,31 - 0,5	
Moderado	0,51 - 0,7	
Alto	0,71 - 0,90	
Muy Alto	> 0,91	

Por otra parte, mediante criterios en base a la GPC nacional registrados en el SINIA y a los resultados a obtener mediante el proceso de la data se emplean los siguientes rangos de evaluación para Crecimiento poblacional, GPC (kg/hab/año) y GT (ton/año). Los cuales también serán considerados al momento de la representación en los mapas. Cabe recalcar que la **Tabla 4** considera los siguientes rangos para la evaluación entre los distritos de la provincia de Tarma.

Tabla 4. Rangos de evaluación referente al Crecimiento poblacional, GPC (kg/hab/año) y GT (ton/año).

Descripción	Rangos de evaluación		
	Población	GPC (kg/hab/año)	GT (ton/año)
Muy Bajo	0 - 15000	0 - 50	0 - 1500
Bajo	15001 - 30000	51 - 100	1501 - 3000
Moderado	30001 - 45000	101 - 150	3001 - 4500
Alto	45001 - 60000	151 - 200	4501 - 6000
Muy Alto	>60001	> 201	>6001

3. Resultados

3.1 Evaluación del crecimiento poblacional para los distritos de la Provincia de Tarma evaluados desde el año 2021 al 2029.

Tabla 5. Datos procesados sobre el crecimiento poblacional proyectados desde el año 2021 hacia el año 2029 en la provincia de Tarma.

Distrito	GPCi 2020	POB inicial	Población								
			2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029
Huaricolca	0,464	2001	2209	2264	2321	2379	2438	2499	2561	2625	2691
Palcamayo	0,64	3438	3795	3890	3987	4087	4189	4294	4401	4511	4624
La Unión	0,32	3673	4054	4156	4260	4366	4475	4587	4702	4819	4940
San Pedro de Cajas	0,29	3704	4089	4191	4296	4403	4513	4626	4741	4860	4981
Tapo	0,505	4714	5203	5333	5467	5603	5744	5887	6034	6185	6340
Palca	0,46	5975	6595	6760	6929	7102	7280	7462	7649	7840	8036
Acobamba	0,36	10065	11110	11388	11672	11964	12263	12570	12884	13206	13536
Huasahuasi	0,49	10691	11801	12096	12398	12708	13026	13352	13685	14028	14378
Tarma	0,69	50471	55711	57103	58531	59994	61494	63031	64607	66222	67878

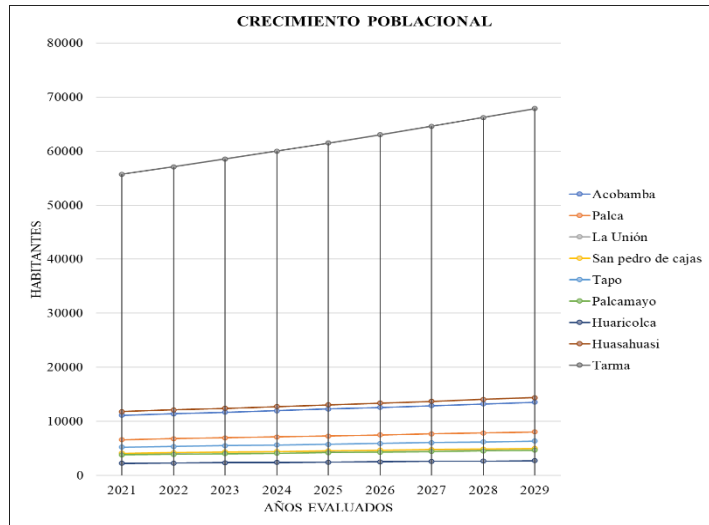


Figura 2. Crecimiento poblacional estimado proyectados desde el año 2021 hacia el año 2029

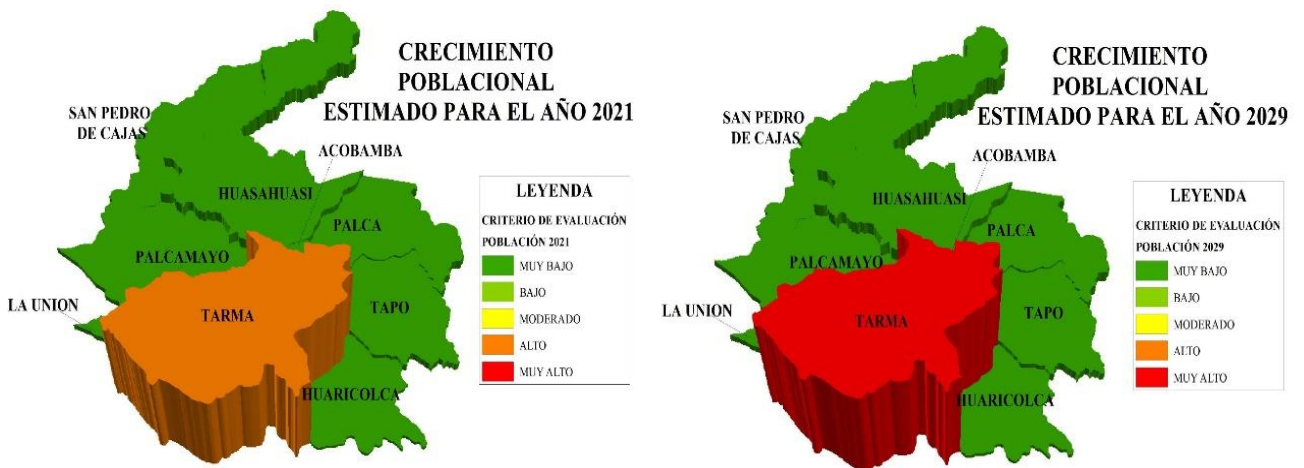


Figura 3. Estimación 3D sobre el crecimiento poblacional para los distritos de la Provincia de Tarma evaluando el año 2021 y 2029.

3.2 Generación Per Cápita en Kg/hab/día para los distritos de la Provincia de Tarma del año 2021 y 2029.

Tabla 6. Datos procesados sobre la Generación Per Cápita (kg/hab/día) y proyectados desde el año 2021 hacia el año 2029 en la provincia de Tarma.

Distritos	GPCi 2020	POB inicial	Generación Per Cápita - GPC (kg/hab/día)								
			2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029
Huaricolca	0.464	2001	0.468	0.473	0.478	0.482	0.482	0.492	0.497	0.502	0.507
Palcamayo	0.64	3438	0.340	0.347	0.350	0.354	0.357	0.361	0.365	0.368	0.372
La Unión	0.32	3673	0.323	0.326	0.330	0.333	0.336	0.340	0.343	0.347	0.350
San Pedro de Cajas	0.29	3704	0.293	0.296	0.299	0.302	0.305	0.308	0.311	0.314	0.317
Tapo	0.505	4714	0.510	0.515	0.520	0.525	0.531	0.536	0.541	0.547	0.552
Palca	0.46	5975	0.465	0.469	0.474	0.479	0.483	0.488	0.493	0.498	0.503
Acobamba	0.36	10065	0.364	0.367	0.371	0.375	0.378	0.382	0.386	0.390	0.394
Huasahuasi	0.49	10691	0.490	0.500	0.505	0.510	0.515	0.520	0.525	0.531	0.536
Tarma	0.69	50471	0.690	0.704	0.711	0.718	0.725	0.732	0.740	0.747	0.755

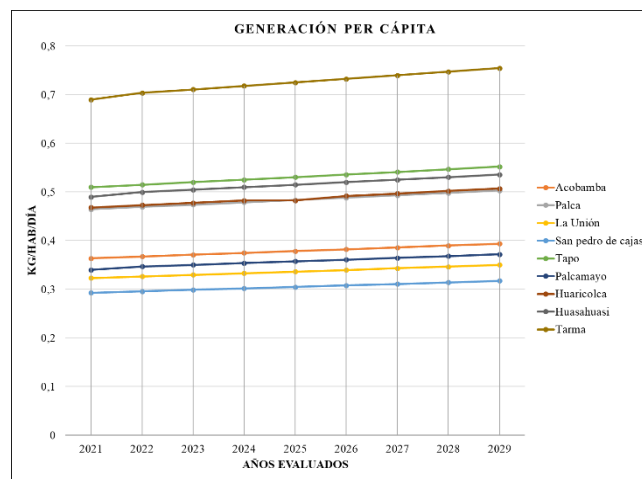


Figura 4. Estimación sobre la Generación Per Cápita (kg/hab/día) proyectada para los distritos de la Provincia de Tarma evaluados desde el año 2021 hacia el 2029.



Figura 5. Estimación 3D sobre la generación per cápita para los distritos de la Provincia de Tarma evaluando el año 2021 y 2029.

3.3 Generación Per Cápita en Kg/hab/año para los distritos de la Provincia de Tarma desde el año 2021 al 2029

Tabla 7. Datos procesados sobre la Generación Per Cápita (kg/hab/año) proyectados desde el año 2021 hacia el año 2029 en la provincia de Tarma.

Distritos	GPCi 2020	POBi	Generación Per Cápita - GPC (kg/hab/año)									
			2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	
Huaricolca	0.464	2001	170.92	172.63	174.35	176.10	176.09	179.64	181.43	183.25	185.08	
Palcamayo	0.64	3438	124.10	126.59	127.86	129.14	130.43	131.73	133.05	134.38	135.73	
La Unión	0.32	3673	117.97	119.15	120.34	121.54	122.76	123.99	125.22	126.48	127.74	
San Pedro de Cajas	0.29	3704	106.91	107.98	109.06	110.15	111.25	112.36	113.48	114.620	115.77	
Tapo	0.505	4714	186.11	187.97	189.85	191.75	193.67	195.61	197.562	199.54	201.53	
Palca	0.46	5975	169.58	171.27	172.99	174.72	176.46	178.23	180.012	181.81	183.63	
Acobamba	0.36	10065	132.71	134.04	135.38	136.73	138.10	139.48	140.88	142.29	143.71	
Huasahuasi	0.49	10691	178.85	182.44	184.27	186.11	187.97	189.85	191.75	193.67	195.61	
Tarma	0.69	50471	251.85	256.91	259.48	262.08	264.70	267.34	270.02	272.72	275.44	

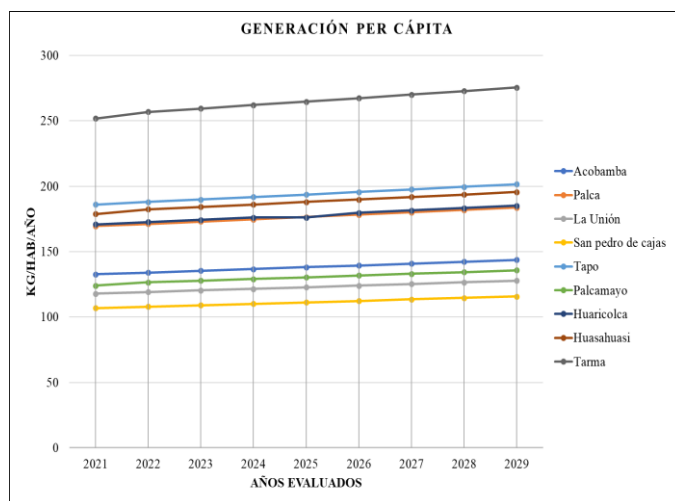


Figura 6. Estimación sobre la Generación Per Cápita (kg/hab/año) proyectado para los distritos de la Provincia de Tarma evaluados desde el año 2021 hacia el 2029.

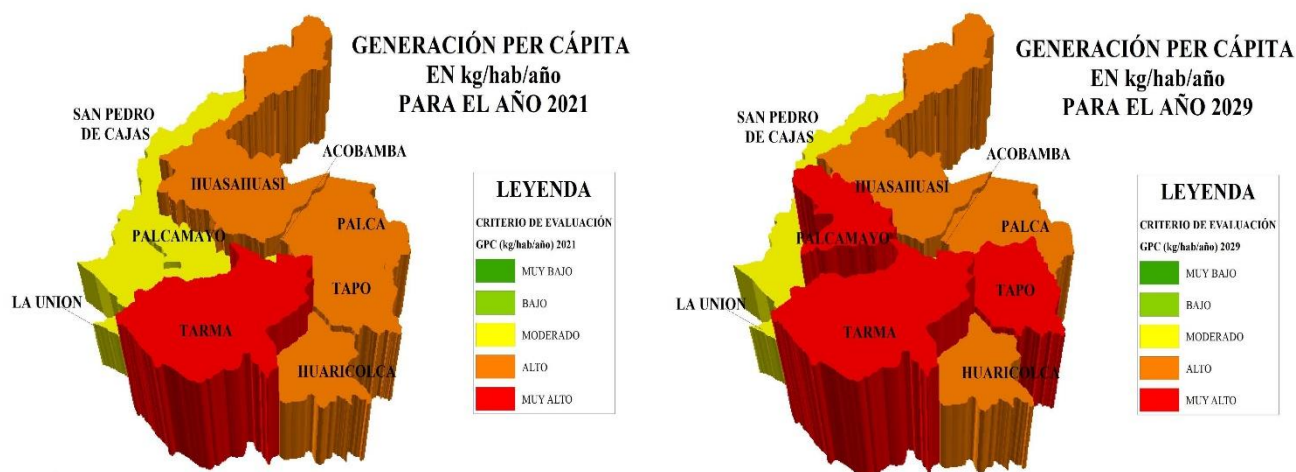


Figura 7. Estimación 3D sobre la Generación Per Cápita (Kg/hab/año) para los distritos de la Provincia de Tarma evaluando el año 2021 y 2029.

3.4 Generación total de residuos en Ton/año para los distritos de la Provincia de Tarma del año 2021 y 2029.

Tabla 8. Datos procesados sobre la Generación Total (ton/año) proyectados desde el año 2021 hacia el año 2029 en la provincia de Tarma.

Distritos	GPCi	POB inicial	Generación Total - GT (ton/año)								
			2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029
Huaricolca	0.464	2001	377.5	390.8	404.6	418.9	429.3	448.9	464.7	481.1	498.1
Palcamayo	0.64	3438	470.9	492.4	509.8	527.8	546.4	565.6	585.6	606.2	627.6
La Unión	0.32	3673	478.3	495.1	512.6	530.7	549.4	568.7	588.8	609.5	631.0
San Pedro de Cajas	0.29	3704	437.1	452.5	468.5	485.0	502.1	519.8	538.1	557.1	576.7
Tapo	0.505	4714	968.4	1002.5	1037.9	1074.5	1112.3	1151.6	1192.2	1234.2	1277.7
Palca	0.46	5975	1118.4	1157.8	1198.7	1240.9	1284.7	1329.9	1376.8	1425.4	1475.6
Acobamba	0.36	10065	1474.4	1526.4	1580.2	1635.9	1693.6	1753.3	1815.1	1879.1	1945.3
Huasahuasi	0.49	10691	2110.6	2206.8	2284.6	2365.2	2448.5	2534.8	2624.2	2716.7	2812.5
Tarma	0.69	50471	14030.7	14670.5	15187.7	15723.0	16277.3	16851.0	17445	18060	18696.6

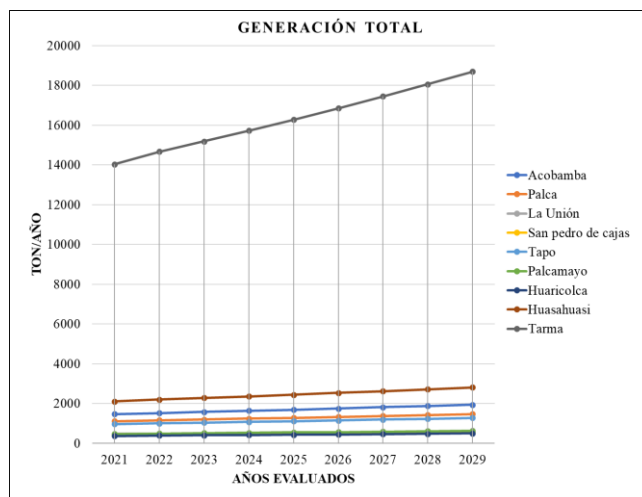


Figura 8. Estimación sobre la Generación Total (ton/año) proyectado para los distritos de la Provincia de Tarma evaluados desde el año 2021 hacia el 2029.

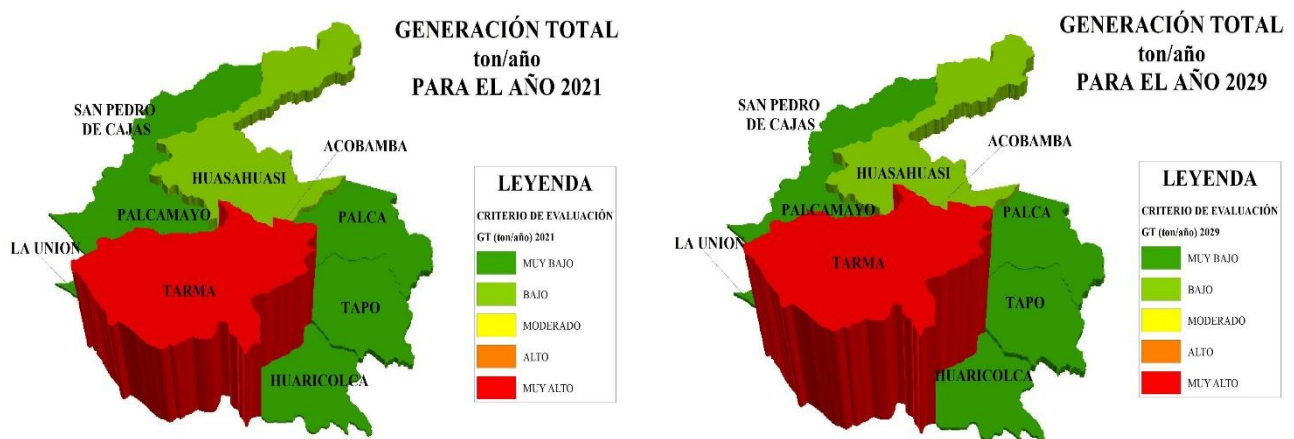


Figura 9. Estimación 3D sobre la Generación Total en Ton/año para los distritos de la Provincia de Tarma evaluando el año 2021 y 2029.

4. Discusión

4.1 Importación y procesamiento de la data procesada en el Software GIS

El levantamiento de datos es un método útil para proponer estrategias de gestión y plan de manejo en función del consumo y el desarrollo demográfico, así mismo planificar estrategias de acuerdo a las necesidades futuras de gestión. Los datos proyectados sobre el crecimiento poblacional desde el año 2021 hasta el año 2029 en la provincia de Tarma son datos importados al software GIS donde los resultados son detallados mediante gráficos y mapas de ubicación para una mejor interpretación de cada distrito de la ciudad de Tarma (Fu et al., 2015).

Las herramientas GIS tienen la finalidad de proyectar y/o representar datos a futuro, además son eficaces en un estudio descriptivo, y junto con la información geográfica se aplica previamente al análisis del estudio, donde la combinación de estas dos características permite agregar algunos datos y parámetros como factores determinantes en el análisis e interpretación de una ilustración espacial (Amri et al., 2018). Por lo tanto, el periodo fue distribuido en 4 categorías: Crecimiento poblacional, Generación per cápita (kg/hab/día), Generación per cápita (kg/hab/año) y Generación total (ton/año).

Por otra parte la aplicación y el análisis de las herramientas GIS tienen múltiples criterios de la identificación de la data que pueden favorecer en la identificación de los sitios adecuados para la segregación de desechos sólidos, debido a que, con la data proyectada a futuro, se puede implementar muchos proyectos relacionados con la gestión de residuos (Issa & Saleous, 2019).

4.2 Evaluación del crecimiento poblacional para los distritos de la Provincia de Tarma evaluados desde el año 2021 al 2029.

La **Tabla 5, Figura 2 y 3** muestran la estimación del crecimiento poblacional desde el año 2021 al 2029, donde se identifica al distrito de Tarma con un mayor crecimiento poblacional (CP) por encima del CP respecto a los otros distritos de interés; Asimismo, la estimación al 2029 mostrada en la **Figura 2** presenta una tendencia respecto a la secuencia distrital evaluada del 2021, debido a que Tarma sigue manteniendo el mayor crecimiento poblacional e incrementó en un 9,85%. Por lo que, existen varias causas que influyen en este incremento, tal como el desarrollo económico, turístico y mejoras en de los niveles y estilos de vida de las personas a largo plazo, provocando un fuerte crecimiento de los residuos sólidos domiciliarios (Liu et. al, 2019).

Ali & Mustafa, (2020) aplicaron el SIG para realizar un análisis geo estadístico similar mediante la selección de un modelo, para cuantificar la correlación espacial de la distribución y estimación poblacional con los barrios residenciales en la ciudad de Mosul. Por lo tanto en la provincia de Tarma se pretende determinar estas características demográficas, se obtuvo como resultado un crecimiento poblacional desequilibrado debido a que existen factores sociales, económicos, índices de natalidad y mortalidad, demostrando así que este incremento se encuentra relacionado con aquellas condiciones anteriormente relacionadas.

4.3 Generación Per Cápita en Kg/hab/día para los distritos de la Provincia de Tarma del año 2021 y 2029.

En la **Tabla 6, Figura 4 y 5** muestran la estimación del incremento de la generación per cápita en kg/hab/día desde el año 2021, indicando al distrito de Tarma con un mayor nivel de generación per cápita de residuos de la provincia al ser eje central de actividades sociales, económicas y culturales. Por otra parte, el distrito de Huaricolca presenta una generación baja de residuos en kilogramos por habitante en un día; Según SIGERSOL en el 2020, reportó que en Huaricolca el 40% de los residuos generados son residuos orgánicos, los cuales sirven para el proceso de pastoreo, enmiendas, etc, por lo que en este distrito la generación es mínima por el aprovechamiento de los mismos.

4.4 Generación Per Cápita en Kg/hab/año para los distritos de la Provincia de Tarma desde el año 2021 al 2029

La **Tabla 7, Figura 6 y 7** representan la generación per cápita del año 2021, indicando al distrito de Tarma con una mayor GPC anual, seguido de los distritos de interés como Tapo, Huasahuasi, Palca, Huaricolca, Acobamba, Palcamayo, La unión y San Pedro de Cajas. San Pedro de Cajas presenta una menor GPC anual debido a que este distrito presenta menor GPC inicial. Por lo tanto, al año 2029 la generación per cápita por habitante incrementará en 4,48% en cada uno de los distritos de la provincia de Tarma según se muestra en la **Figura 7**, mientras que en el distrito de Tarma proyecta una mayor GPC anual, seguido de los distritos de Tapo y Huasahuasi.

4.5 Generación total de residuos en Ton/año para los distritos de la Provincia de Tarma del año 2021 y 2029

En la **Tabla 8, Figura 8 y 9**, muestran la estimación de la generación total (GT) de residuos sólidos por año, la cual incrementará en un 14,27%, el distrito de Tarma cuenta con el mayor porcentaje de generación de RR.SS respecto a los otros distritos, esto se relaciona al centralismo y de este distrito frente a los otros, considerando que Huasahuasi también proyectó un aumento en la GT, así mismo, Acobamba es un distrito con frecuencia turística por lo que el aumento de residuos se darán en temporadas festivas de la zona (Martins & Cró, 2021), esto provoca un gran aumento de la demanda de partes de ese territorio que pasa a tener una función turística, lo que origina cambios ambientales, puesto a que el espacio posee funciones sociales particulares (Carbajal, 2017). Por otro lado, los demás distritos como, Palca, Tapo, La Unión, Palcamayo, San Pedro de Cajas y Huaricolca presentan una menor GT anual debido a que cuentan con menor población respecto a los otros distritos mencionados.

Considerando aquello, Abdulredha et al. (2020) menciona que cada año los eventos religiosos y sociales son una de las causas donde se generan grandes cantidades de residuos sólidos urbanos en Kerbala siendo una ciudad de Irak, por lo tanto, se planteó realizar una estimación de estos desechos para aquellas fechas festivas. Donde los resultados indican que de una generación de 22kg/día pasó a ser 944 kg/día, manteniendo un promedio de 284 kg/día. Y aplicando a nuestro tema de estudio se conoce que la Provincia de Tarma realiza diversos eventos sociales y religiosos a lo largo del año, por lo tanto, en las futuras proyecciones será necesario considerar una estimación y gestión precisa de estos residuos en fechas conmemorativas.

También Ma et al. (2020) acota al párrafo anterior una consideración importante a la hora de estimar la generación de residuos sólidos a lo largo de un periodo de años evaluados, la cual menciona que dentro de una ciudad, provincia, o estado se debe reconocer el tamaño demográfico de aquellas zonas. Y en base a esto se determinará qué distrito y provincia es capaz de generar mayor cantidad de

residuos sólidos por sus componentes: número de pobladores, tamaño territorial, atractivos turísticos, entre otros. Y de acuerdo con Lella et al. (2017) un factor fundamental a analizar es la tasa de crecimiento poblacional y tasa de generación per cápita, en esta perspectiva la aplicación de herramientas ilustrativas como el SIG permiten una teledetección y aporta un apoyo hacia la gestión de los residuos sólidos tal cual es el caso de la ciudad de Vellore en la India.

Los datos obtenidos del estudio previo, se observó una ligera varianza el crecimiento poblacional (2017 – 2020), la cual no influyó en la curva de generación total, debido en que esos años se presentó un aumento de la generación per cápita (GP) de los RR.SS de 0.29 a 0.4 kg/ día en algunos distritos, es decir un 42%, por lo cual esos datos tomados para la proyección a futuro tiene un ligera aumento en la GT anual, en estas medidas es importante el trabajo con la municipalidad para controlar y reducir la GT y contar con un correcto manejo de los RR.SS dentro de sus planes de manejo integral.

Conclusiones

La presente investigación permitió realizar la estimación sobre la generación de residuos sólidos domiciliarios representados mediante el Sistema de Información Geográfica en la Provincia de Tarma, Junín - Perú, concluyendo que, de acuerdo a los resultados obtenidos de estimación sobre la generación total (GT) de residuos sólidos del año 2021 al 2029 hubo un incrementó en un 24% para cada distrito con excepción de Acobamba y Tarma cuyo valor fue de un 25% debido a que existe mayor población, por lo tanto se debe analizar en futuras investigaciones con un análisis superior de detalle con referente a los distritos con una importante cantidad de habitantes, incluyendo frecuencia turística para ser incluido dentro del plan de manejo de RRSS y tener una disposición final adecuada.

Por otra parte, las estimaciones realizadas para la generación por cada distrito en la provincia de Tarma, demostraron que la GPC Kg/día es mayor de acuerdo al crecimiento poblacional, en cuanto al GPC Kg/año es proporcional demostrando una ascendencia de acuerdo a la estimación poblacional de la misma manera que la GPC Kg/día; por ende, los resultados de la estimación de residuos sólidos son representados en mapas temáticos en 2D y 3D que permiten una fácil comprensión al investigador sobre la información procesada y evaluada.

Referencias

1. Kawai K (2014) Reliable data collection and compilation of municipal solid waste generation: Challenges and possible improvements at local level in developing countries. 1st 3R International Scientific Conference on Material Cycles and Waste Management. Kyoto. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10163-015-0355-1>.
2. López, J. R. (2014). " Programa Alternativo para el Manejo y Gestión “ Programa alternativo para el manejo y gestión integral - residuos sólidos en la ciudad de Lima.” *Universidad Nacional Mayor de San Marcos*, 1–156. http://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/cybertesis/4116/López_kj.pdf?sequence=1&isAllo wed=y.
3. Fu, H. Z., Li, Z. S., & Wang, R. H. (2015). Estimating municipal solid waste generation by different activities and various resident groups in five provinces of China. *Waste Management*, 41, 3–11. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2015.03.029>.
4. Jiménez, N. (2015). La gestión integral de residuos sólidos urbanos en México: entre la intención y la realidad. *Letras Verdes. Revista Latinoamericana de Estudios Socioambientales* N.º17, pp.29-56. <https://doi.org/10.17141/letrasverdes.17.2015.1419>
5. Lima, J. P., Lobato, K. C. D., Leal, F., & Lima, R. da S. (2015). Urban solid waste management by process mapping and simulation. *Pesquisa Operacional*, 35(1), 143–163. <https://doi.org/10.1590/0101-7438.2015.035.01.0143>.
6. Azadi, S., & Karimi-Jashni, A. (2016). Verifying the performance of artificial neural network and multiple linear regression in predicting the mean seasonal municipal solid waste generation rate: A case study of Fars province, Iran. *Waste Management*, 48, 14–23. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2015.09.034>.
7. Betanzo-Quezada, E., Torres-Gurrola, M. Á., Romero-Navarrete, J. A., & Obregón-Biosca, S. A. (2016). Evaluación de rutas de recolección de residuos sólidos urbanos con apoyo de dispositivos de rastreo satelital: Análisis e implicaciones. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 32(3), 232–337. <https://doi.org/10.20937/RICA.2016.32.03.07>

8. Freiles Ariza, N. S. (2016). Manejo y separación de residuos sólidos urbanos. Análisis comparativo entre Madrid (España) y el distrito especial industrial y portuario de Barranquillas (Colombia). *Observatorio Medioambiental*, 19, 197–211. <https://doi.org/10.5209/obmd.54168>.
9. Kawai, K., & Tasaki, T. (2016). Revisiting estimates of municipal solid waste generation per capita and their reliability. *Journal of Material Cycles and Waste Management*, 18(1), 1–13. <https://doi.org/10.1007/s10163-015-0355-1>
10. Kolekar, K. A., Hazra, T., Chakrabarty, S. N. (2016). A Review on Prediction of Municipal Solid Waste Generation Models. *Procedia Environmental Sciences*, 35, 238–244. <https://doi.org/10.1016/j.proenv.2016.07.087>.
11. Montero, R. (2016). Modelos de regresión lineal múltiple. *Documentos de Trabajo en Economía Aplicada*, 60. https://www.ugr.es/~montero/matematicas/regresion_lineal.pdf.
12. Municipalidad Distrital de Tarma. (2016). Estudio de Caracterización de Residuos Sólidos Municipales Tarma, Junín. <https://www.gob.pe/munitarma>.
13. Cahuaya, S. M. (2017). Generación de Residuos Sólidos Domiciliarios y Potencial de Reaprovechamiento para reciclaje en la Ciudad de Yunguyo - Puno 2017. *Universidad Nacional Del Altiplano*, 1–84. <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/8489>.
14. Castañeda Torres, S., & Rodriguez Miranda, J. P. (2017). Modelo de aprovechamiento sustentable de residuos sólidos orgánicos en Cundinamarca, Colombia. *Universidad y Salud*, 19(1), 116. <https://doi.org/10.22267/rus.171901.75>.
15. Gobakis, K., Mavrigiannaki, A., Kalaitzakis, K., & Kolokotsa, D. D. (2017). Design and development of a Web based GIS platform for zero energy settlements monitoring. *Energy Procedia*, 134, 48–60. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.09.598>.
16. Lella, J., Mandla, V. R., & Zhu, X. (2017). Solid waste collection/transport optimization and vegetation land cover estimation using Geographic Information System (GIS): A case study of a proposed smart-city. *Sustainable Cities and Society*, 35(August), 336–349. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2017.08.023>
17. Amri, M. R., Wiguna, S., & Yunus, R. (2018). Geographic information system-based spatial analysis of population distribution in Banten province - Indonesia. *MATEC Web of Conferences*, 229. <https://doi.org/10.1051/matecconf/201822904018>

18. Hernández-Sampieri, R. & Mendoza, C (2018). Metodología de la investigación. Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta, Ciudad de México, México: *Editorial Mc Graw Hill Education*, Año de edición: 2018, ISBN: 978-1-4562-6096-5, 714 p. <https://virtual.cuautitlan.unam.mx/rudics/?p=2612>.
19. Khan, M. M. U. H., Vaezi, M., & Kumar, A. (2018). Optimal siting of solid waste-to-value-added facilities through a GIS-based assessment. *Science of the Total Environment*, 610–611, 1065–1075. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.08.169>
20. Li, W., Xie, L., Lei, Y., Guo, Y., & Zhou, X. (2018). Research and application of heat map systems for resource allocation of flood control based on GIS. *ITM Web of Conferences*, 17, 03001. <https://doi.org/10.1051/itmconf/20181703001>.
21. Orihuela, J. (2018). Un Análisis de la Eficiencia de la Gestión Municipal de Residuos Sólidos en el Perú y sus determinantes. Instituto Nacional de Estadística, 1–82. <https://www.inei.gov.pe/media/MenuRecursivo/investigaciones/residuos-solidos.pdf>.
22. Ramos Basteres, J. C. (2018). Análisis comparativo técnico – económico de la red de alcantarillado condominial y convencional en el centro poblado menor de Carhuacatac, distrito de Tarma, provincia de Tarma, departamento de Junín. <https://repositorio.ucss.edu.pe/handle/UCSS/599?show=full>.
23. Ruiz, S. A. Q., Espinoza, N. J. E., Novoa, L. G. Q., La, R. A. De, & Araujo, C. (2018). Residuos Sólidos Domiciliarios: Caracterización y Estimación Energética para la Ciudad de Chimbote. *Revista de La Sociedad Química Del Perú*, 84(3), 322–335. http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1810-634X2018000300006.
24. Avello M. R., Rodríguez M. M., Rodríguez M. P., Sosa L. D., Companioni T, B., Rodríguez C. R. L. (2019). ¿Por qué enunciar las limitaciones del estudio? *Medisur: Revista de Ciencias Médicas de Cienfuegos*, 17(1), 10–12. <http://www.medisur.sld.cu/index.php/medisur/article/view/4126/2709>.
25. Issa, S., & Saleous, N. (2019). Modelado del entorno con sensores remotos y SIG: estudios de casos aplicados de diversas ubicaciones de los Emiratos Árabes Unidos (EAU). *Geographic Information Systems and Science*, 1–20. <https://doi.org/10.5772/intechopen.82024>.

26. Liu, J., Li, Q., Gu, W., & Wang, C. (2019). The impact of consumption patterns on the generation of municipal solid waste in China: Evidences from provincial data. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(10), 1–19. <https://doi.org/10.3390/ijerph16101717>.
27. Yang, W., Fan, B., & Desouza, K. C. (2019). Spatial-temporal effect of household solid waste on illegal dumping. *Journal of Cleaner Production*, 227, 313–324. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.04.173>.
28. Bello, A. M., Cuta, J. A., & García, E. K. (2020). Técnicas de imputación para datos de precipitación máxima mensual en la zona central de Boyacá. *Ingeniería Investigación y Desarrollo*, 19(1), 64–79. <https://doi.org/10.19053/1900771X.v19.n1.2019.1220>.
29. Gómez, J. B. (2020). Gestión de Residuos Sólidos Urbanos y su Impacto Medioambiental. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 2215(2), 993–1008. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v4i2.135
30. Hatamleh, R. I., Jamhawi, M. M., Al-Kofahi, S. D., & Hijazi, H. (2020). The Use of a GIS System as a Decision Support Tool for Municipal Solid Waste Management Planning: The Case Study of Al Nuzha District, Irbid, Jordan. *Procedia Manufacturing*, 44, 189–196. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.02.221>.
31. Hina, S. M., Szmerekovsky, J., Lee, E. S., Amin, M., & Arooj, S. (2020). Effective municipal solid waste collection using geospatial information systems for transportation: A case study of two metropolitan cities in Pakistan. *Research in Transportation Economics*, 84. <https://doi.org/10.1016/j.retrec.2020.100950>.
32. Montesinos, C., Walter, J., Mamani, T., Huamaní, A. (2020). Revista de Investigaciones Altoandinas Gestión de residuos sólidos de la ciudad de Juliaca -Puno -Perú Solid waste management of the city of Juliaca -Puno -Peru. *Journal of High Andean Research*, 22(1), 49–56. <https://doi.org/10.18271/ria.2020.541>.
33. Noufal, M., Yuanyuan, L., Maalla, Z., & Adipah, S. (2020). Determinants of household solid waste generation and composition in Homs city, Syria. *Journal of Environmental and Public Health*, 2020. <https://doi.org/10.1155/2020/7460356>.
34. Carbajal, F. (2017). Universidad Nacional De San. Universidad Nacional de San Martín, 1, 1–125.

http://repositorio.unsm.edu.pe/bitstream/handle/11458/2418/TP_AGRO_00662_2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y

35. Abdulredha, M., Abdulridha, A., Shubbar, A. A., Alkhaddar, R., Kot, P., & Jordan, D. (2020). Estimating municipal solid waste generation from service processions during the Ashura religious event. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 671(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/671/1/012075>

36. Ali, S. H., & Mustafa, F. A. (2020). Evaluation of the population distribution using GIS-based geostatistical analysis in Mosul City. *Korean Journal of Remote Sensing*, 36(1), 83–92. <https://doi.org/10.7780/kjrs.2020.36.1.7>

37. Ma, S., Zhou, C., Chi, C., Liu, Y., & Yang, G. (2020). Estimating Physical Composition of Municipal Solid Waste in China by Applying Artificial Neural Network Method. *Environmental Science and Technology*, 54(15), 9609–9617. <https://doi.org/10.1021/acs.est.0c01802>.

38. Martins, A. M., & Cró, S. (2021). The impact of tourism on solid waste generation and management cost in madeira island for the period 1996–2018. *Sustainability (Switzerland)*, 13(9), 1–16. <https://doi.org/10.3390/su13095238>.