

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA ECONÓMICA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ECÓNOMICA**



**PROMOCIÓN 2010**

**PUNO – PERU**

**2014**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA ECONÓMICA**

"ANÁLISIS DE LOS FACTORES SOCIO-ECONÓMICOS EN LA  
PRODUCCIÓN PER-CÁPITA DE RESIDUOS SÓLIDOS  
DOMÉSTICOS DE LA CIUDAD DE LAMPA - 2014"

TESIS

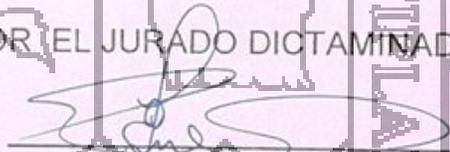
PRESENTADO POR:

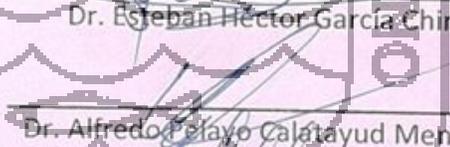
JUAN CARLOS CALDERON DIAZ

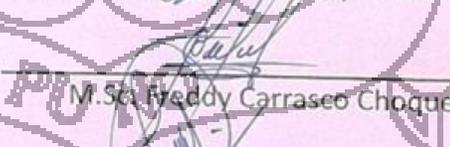
Para optar el título de:

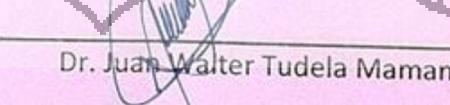
INGENIERO ECONOMISTA

APROBADA POR EL JURADO DICTAMINADOR:

Presidente :   
Dr. Esteban Héctor García Chire

Primer miembro :   
Dr. Alfredo Pelayo Calatayud Mendoza

Segundo miembro :   
M.Sc. Freddy Carraseo Choque

Director :   
Dr. Juan Walter Tudela Mamani

**ÁREA: ECONOMÍA DE LOS RECURSOS NATURALES Y DEL  
MEDIO AMBIENTE**

**TEMA: POLÍTICAS AMBIENTALES**

### **Dedicatoria**

*Dedico este gran paso a mis queridos padres Juan y Domitila, a mi hermano Marcos y a mi maravillosa novia Glizeth, por brindarme su apoyo y amor incondicional en todo momento.*

*A Dios, por darme la oportunidad de recorrer el camino de la vida como un profesional.*



## **Agradecimientos**

A la Universidad Nacional del Altiplano, a la Facultad de Ingeniería Económica, por haberme acogido en sus aulas y contribuido en mi formación profesional y personal.

A mi familia, por su apoyo incondicional en todo momento.

A los docentes de la Facultad de Ingeniería Económica, por sus valiosas enseñanzas y experiencias que impartieron a lo largo de mi formación profesional.

Al Ing. Walter Tudela, por apoyarme en la elaboración y revisión de la presente investigación.

A mis compañeros y amigos, que siempre nos acompañaron les estaré

## ÍNDICE

*Lista de tablas*

*Lista de figuras*

*Lista de abreviaturas*

*Lista de siglas*

RESUMEN .....	1
SUMMARY .....	2
INTRODUCCIÓN .....	3
<b>CAPITULO I PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, ANTECEDENTES Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>5</b>
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	5
1.2. ANTECEDENTES .....	11
1.3. OBJETIVOS DEL ESTUDIO .....	14
<b>CAPITULO II MARCO TEÓRICO, MARCO CONCEPTUAL E HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>15</b>
2.1. MARCO TEÓRICO .....	15
2.2. MARCO CONCEPTUAL .....	23
2.3. HIPÓTESIS .....	27
<b>CAPITULO III MÉTODO DE INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>28</b>
3.1. DESCRIPCIÓN DEL TIPO DE INVESTIGACIÓN .....	28
<b>CAPITULO IV CARACTERIZACIÓN DEL AREA DE INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>44</b>
4.1. ÁREA DE INFLUENCIA O ÁREA DE ESTUDIO .....	44
4.2. ASPECTOS DEMOGRÁFICOS .....	46

**CAPITULO V EXPOSICIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS ..... 49**

**CONCLUSIONES ..... 78**

**RECOMENDACIONES..... 80**

**BIBLIOGRAFÍA..... 81**



**LISTA DE TABLAS**

TABLA N° 01: DETERMINACIÓN DE LA MUESTRA.....	29
TABLA N° 02: DETERMINACIÓN DE LA MUESTRA – VALORES RECOMENDADOS ....	30
TABLA N° 03: DETERMINACIÓN DE LA MUESTRA POR BARRIOS.....	31
TABLA N° 04: VARIABLES OBTENIDOS DE LA ENCUESTA .....	33
TABLA N° 05: POBLACIÓN POR ZONA Y SEXO DEL DISTRITO DE LAMPA.....	47
TABLA N° 06: COMPOSICIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS DOMICILIARIOS .....	50
TABLA N° 07: MATRIZ DE CORRELACIÓN ENTRE LAS VARIABLES SOCIOECONÓMICAS Y LA PRODUCCIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS DOMÉSTICOS – 2013.....	54
TABLA N° 08: VALIDACIÓN DE LAS PRUEBAS DE HIPÓTESIS.....	56
TABLA N° 09: REGRESIÓN ENTRE LA PRODUCCIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS DOMÉSTICOS Y ALGUNAS VARIABLES SOCIOECONÓMICAS .....	58
TABLA N° 10: RESUMEN DE LA PRUEBA DE SIGNIFICANCIA INDIVIDUAL DE LOS PARÁMETROS.....	60
TABLA N° 11: PRUEBA DE WHITE .....	62
TABLA N° 12: TEST DE WHITE PARA DETECCIÓN DE HETEROSCEDASTICIDAD.....	62
TABLA N° 13: TABLA RESUMEN DE PRUEBAS DEL MODELO 4 Y 5.....	63
TABLA N° 14: COMPONENTES DE LA MINIMIZACIÓN DE LA GENERACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS.....	67
TABLA N° 15: REGRESIÓN ENTRE LA PRODUCCIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS DOMÉSTICOS CONTRA EL CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA...70	

TABLA N° 16: RESUMEN DE LAS PRUEBAS DE LA REGRESIÓN ENTRE RESIDUOS SÓLIDOS Y CONSUMO DE ENERGÍA.....	71
TABLA N° 17: CÁLCULO DEL PUNTO DE EQUILIBRIO DE CONSUMO DE ENERGIA ELECTRICA – CURVA AMBIENTAL DE KUZNETS.....	73
TABLA N° 18: CÁLCULO DE LA TARIFA PROMEDIO POR LA GESTIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS DOMESTICOS.....	75
TABLA N° 19: CÁLCULO DE LA TARIFA DE LIMPIEZA POR VIVIENDA EN LA CIUDAD DE LAMPA.....	76



**LISTA DE FIGURAS**

FIGURA N° 01: COMPARATIVO DE LA RELACIÓN ENTRE LA GENERACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS Y EL PBI.....	6
FIGURA N° 02: FORMAS DE LA DISPOSICIÓN FINAL POR POBLACIÓN.....	7
FIGURA N° 03: EMISIONES GENERADAS PER CÁPITA POR DISPOSICIÓN DE RESIDUOS CONSIDERANDO PROYECTOS DE MECANISMO DE DESARROLLO LIMPIO.....	8
FIGURA N° 04: ACTORES PRINCIPALES EN LA MINIMIZACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS DOMÉSTICOS.....	18
FIGURA N° 05: ESQUEMA DE SUBSIDIOS CRUZADOS, EN EL COBRO POR EL SERVICIO DE ASEO MUNICIPAL.....	20
FIGURA N° 06: COMPORTAMIENTOS POSIBLES ENTRE LA PRESION AMBIENTAL (PA) E INGRESO PER CÁPITA (YP).....	22
FIGURA N° 07: METODOLOGÍA DE RECOLECCIÓN DE DATOS DE CAMPO .....	37
FIGURA N° 08: CAMPANA DE GAUSS PARA PRUEBA DE HIPÓTESIS.....	33
FIGURA N° 09: LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA DE LA CIUDAD DE LAMPA.....	46
FIGURA N° 10: POBLACIÓN POR ÁREA URBANO Y RURAL DEL DISTRITO DE LAMPA – 2007.....	48
FIGURA N° 11: COMPOSICIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS DOMICILIARIOS.....	51

FIGURA N° 12: PRODUCCIÓN MEDIA DE RESIDUOS SÓLIDOS PER CÁPITA.....	52
FIGURA N° 13: PRODUCCIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS POR ESTRATOS, MAXIMOS, MÍNIMOS Y PROMEDIOS.....	53
FIGURA N° 14: EVALUACIÓN DE LAS CORRELACIONES POR PRUEBA DE HIPÓTESIS.....	55
FIGURA N° 15: RELACIÓN ENTRE LA GENERACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS (RS) Y EL INGRESO BRUTO FAMILIAR (Y).....	64
FIGURA N° 16: CURVA AMBIENTAL DE KUZNETS, RELACION ENTRE INGRESOS Y RESIDUOS SÓLIDOS.....	65
FIGURA N° 17: RELACIÓN ENTRE LA PRODUCCIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS DOMÉSTICOS Y EL CONSUMO ENERGÍA ELÉCTRICA.....	69
FIGURA N° 18: RELACIÓN ENTRE LA PRODUCCIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS (RS) Y CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA (CE).....	69
FIGURA N° 19: REGRESIÓN ENTRE LA GENERACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS (RS) Y CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA (CE).....	73

## LISTA DE ABREVIATURAS

RSD	: Residuos sólidos domésticos
RSM	: Residuos sólidos municipales
CE	: Consumo de energía eléctrica por vivienda
Y	: Ingreso bruto familiar
EDU	: Nivel educativo del jefe de familia
AMB	: Educación ambiental
EDAD	: Edad del jefe de hogar
PET	: Tereftalato de polietileno
PIGARS	: Plan integral de gestión ambiental de residuos sólidos

## LISTA DE SIGLAS

CEPAL	: Comisión económica para América Latina y el Caribe
GTZ	: Agencia Alemana de Cooperación Técnica
BID	: Banco Interamericano de Desarrollo
CONAMA	: Consejo Nacional del Ambiente
SIGERSOL	: Sistema de Información para la Gestión de los Residuos Sólidos
INEI	: Instituto Nacional de Estadística e Informática
CONAMA	: Comisión Nacional del Medio Ambiente - Chile
CNV	: Censo Nacional de Vivienda

## RESUMEN

El Perú es uno de los países de Latinoamérica que no tiene un adecuado manejo de las emisiones de gases de efecto invernadero y lixiviados respecto a países como Colombia, Chile o Uruguay según la CEPAL, el principal insumo para dichas emisiones son los residuos sólidos dispuestas a cielo abierto y sin controles, las mismas que son vertidas en botaderos y no en rellenos sanitarios, como el caso de la ciudad de Lampa.

Esta investigación identifica algunos factores socioeconómicos que inciden en la producción de residuos sólidos domésticos, a través de un análisis correlacional con datos de corte transversal obtenido mediante encuestas en la ciudad de Lampa, se identificó que la variable consumo de energía eléctrica y el nivel de ingreso familiar como las principales variables que explican la producción de residuos sólidos, asimismo se hizo una propuesta para cuantificar el monto que se debe pagar por concepto de arbitrios de limpieza en base al consumo de energía eléctrica, para que este servicio municipal sea sostenible y bajo el principio de quien contamina paga.

**Palabras claves:** residuos sólidos domésticos, minimización de RSD, regresión polinomial, curva ambiental de Kuznets

## SUMMARY

Peru is one of the countries of Latin America that does not have an adequate management of emissions of greenhouse gases and leachate compared to countries like Colombia, Chile or Uruguay according to ECLAC, the main input for these emissions are the solid waste exposed to the atmosphere without treatment controls, the same as they are discharged into dumps and landfills, as the case of the city of Lampa.

This research identifies some socioeconomic factors who have been influencing the production of domestic solid waste through a correlational analysis with cross-sectional data obtained through surveys in the city of Lampa, it was identified that the power consumption and income family level as the main variables that explain the production of solid waste, also a proposal was made to quantify the amount to be paid for housekeeping service based on electricity consumption, to will be sustainable service for the comuna municipal service under the polluter pays principle.

**Key Word:** solid waste, minimize of solid waste, polinomial regression, Kuznets environmental curve

## INTRODUCCIÓN

En el Perú el incremento de la producción de residuos sólidos domésticos (RSD) viene como efectos de un crecimiento económico según el ciclo de proceso de producción y consumo de los bienes, asimismo se ve como un problema que no se tenga una adecuada gestión de los RSD, principalmente en la disposición de los mismos al no contar con rellenos sanitarios, en el caso de la ciudad de Lampa se cuenta con un botadero no controlado (Uribe B., 2014).

Esta investigación está enfocada a identificar los factores socioeconómicos que afectan a la producción RSD, asimismo trata de elaborar una propuesta para la minimización de dicha producción a través de un sistema tarifario.

En la primera parte del presente estudio, se presenta la problemática ambiental en el Perú y los principales responsables de su gestión, así como los antecedentes de este estudio.

En la segunda parte se presenta el marco teórico que sustenta el estudio, temas de minimización de la generación de residuos sólidos, relaciones de largo plazo y tendencias en base a la curva ambiental de Kuznets.

En la tercera parte se describe la metodología de la investigación, así como el proceso de la toma de datos, metodología del análisis de datos y la interpretación de las mismas.

Por último se expone los resultados en la que se presenta una metodología que hace sostenible el servicio de limpieza, en la ciudad de Lampa.



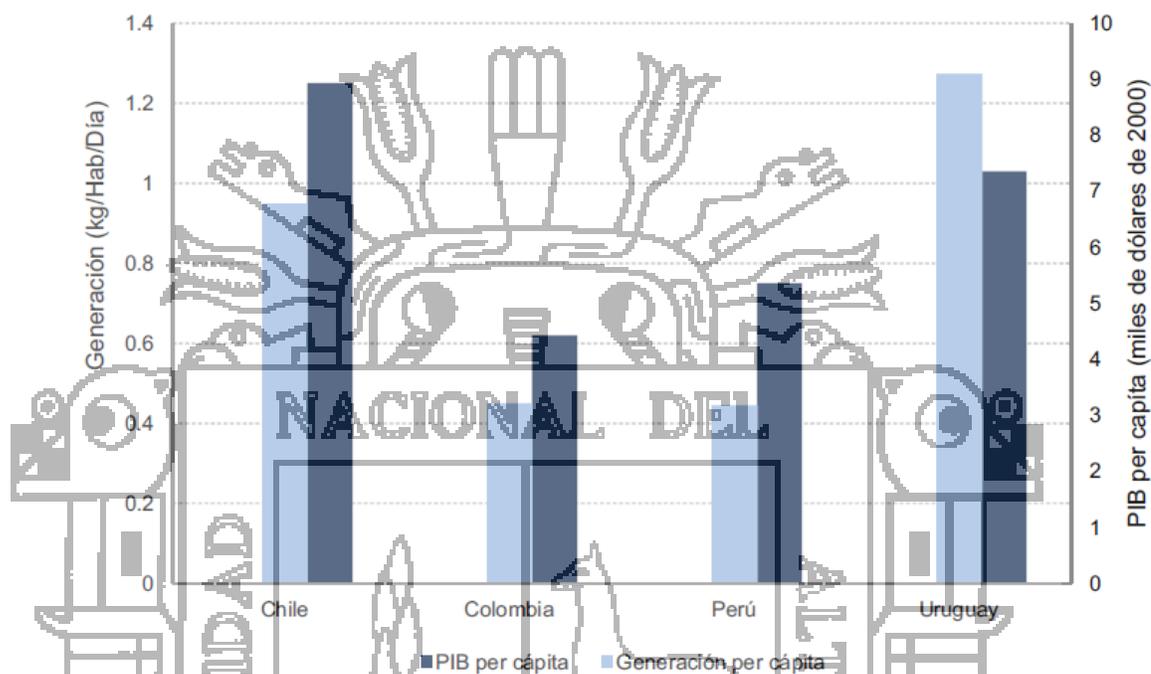
## CAPITULO I **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, ANTECEDENTES Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

### 1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El Perú está experimentando un alto crecimiento económico durante los últimos años en diversos sectores de la economía, esta se refleja en una mayor producción de las empresas y consumo en las familias, por otro lado se incrementó también los desechos o residuos sólidos.

Esta relación depende de factores como: la infraestructura para la disposición final, fuente de gestión del servicio (público o privado), incentivos económicos y penalidades, etc.

**FIGURA N° 01**  
**COMPARATIVO DE LA RELACIÓN ENTRE LA GENERACIÓN DE RESIDUOS**  
**SÓLIDOS Y EL PBI**  
**(En términos per cápita)**



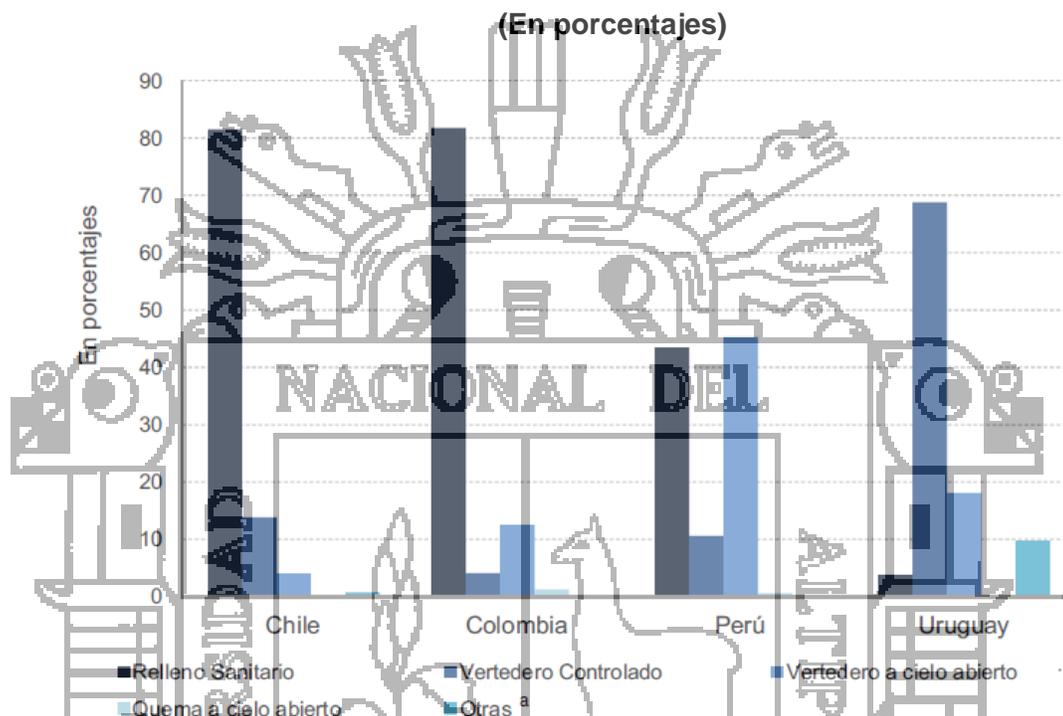
Fuente: BID, Evaluación regional del manejo de residuos sólidos urbanos en ALC, 2010.

Según los resultados encontrados por la CEPAL para América Latina, no solo existe una relación directa entre la producción per-cápita de residuos doméstico y el nivel de PBI per-cápita, sino que también depende de la calidad de gestión del servicio y de las políticas ambientales.

Los países como Colombia y Chile tienen un mejor control del manejo de los residuos sólidos, puesto que más del 80% son depositados en rellenos sanitarios, en contraste con el Perú y Uruguay que los vierten en vertederos (no tienen el control adecuado sobre las emisiones de metano

producidos por la descomposición residuos sólidos orgánicos, este problema causa los problemas de efecto invernadero).

**FIGURA N° 02**  
**FORMAS DE LA DISPOSICIÓN FINAL POR PAÍSES**



Fuente: Informe sobre residuos sólidos con datos al 2013 (Uribe B., 2014)

<sup>a</sup> Corresponde a disposición en cuerpos de agua, alimento de animales, etc.

Debido a que gran parte de los residuos sólidos en el Perú se disponen en vertederos a cielo abierto (45%) donde no existe posibilidad de controlar las emisiones, este país alcanza a duplicar y triplicar a los demás países en términos de emisiones debidas a la disposición de los residuos per-cápita (Uribe B., 2014).

**FIGURA N° 03:**  
**EMISIONES GENERADAS PER CÁPITA POR DISPOSICIÓN DE RESIDUOS**  
**CONSIDERANDO PROYECTOS DE MECANISMO DE DESARROLLO LIMPIO**  
**(En ton CO<sub>2</sub>/hab/año)**



Fuente: Informe sobre residuos sólidos 2013 - CEPAL

Los encargados del manejo de los residuos sólidos son directamente gobiernos locales de acuerdo al marco de la Ley 27314 Ley General de los Residuos Sólidos, asimismo el Consejo Nacional del Ambiente (CONAM), que se encarga de coordinar las autoridades sectoriales y municipales, promover la aplicación de los planes integrales y elaborar un informe Nacional sobre el estado del Ambiente en el Perú. Por otro lado el Ministerio de Salud es el que regula, a través de la Dirección General de Salud Ambiental, los aspectos técnico-sanitarios de los residuos sólidos, incluyendo las actividades de reciclaje, reutilización y recuperación.

Los gobiernos locales tienen a cargo el servicio de limpieza pública, esta a su vez es pagada con el aporte de los usuarios denominado "arbitrios de limpieza". Sin embargo en la última década la mayor producción y consumo de bienes y

servicios finales por el crecimiento poblacional ha generado un incremento en la producción de residuos sólidos, asimismo la inadecuada gestión de los Residuos Sólidos Municipales (RSM) en gran parte del Perú (solo el 14% de los RSM se recicla) se torna insostenible y compleja, convirtiéndose en un problema de gran importancia para la salud población (Informe Nacional de Residuos Sólidos 2012 del MINAM).

La ciudad de Lampa, es afectada por la contaminación de residuos sólidos, el cual es principalmente doméstica según su Plan Integral de Gestión de Residuos Sólidos PIGARS (Municipalidad-Lampa, 2008). Según este estudio la producción diaria de residuos sólidos domiciliario es de 2.31 toneladas por día, almacenados principalmente en la cocina en un 50% de los casos, 25 % en el patio, la producción semanal de residuos sólidos domésticos es de 16.17 Toneladas, sin embargo la cobertura del servicio llega aproximadamente al 74 % de la misma, generándose una brecha del 26% que no es atendida por semana, cifra que contradice el principio de minimización de residuos acordado en la cumbre de Río suscrito por 179 países incluido el Perú.

El incremento de RSD, puede deberse al crecimiento demográfico o al cambio de hábitos de consumo. Por otro lado el cuidado y conservación del medio ambiente no ha mejorado de manera significativa, el recojo de la basura solo se realiza 2 veces por semana.

El problema se percibe en tres involucrados principales del proceso de generación de RSD son los productores de bienes y servicios (transformadores de la materia prima), intermediarios (los que comercializan bienes y servicios) y los consumidores domésticos (población objetivo de bienes y servicios).

El problema del estudio está dentro de la intervención de las políticas públicas como el gobierno local, gobierno regional y sectores ambientalistas es determinar los factores socio-económicos que inciden en la producción per-cápita de RSD, para formar estrategias de intervención en post de minimizar los residuos sólidos domésticos.

*Problema general*

¿Cuál es la relación entre los factores socio-económicos de la población y producción per-cápita de residuos sólidos domésticos en la ciudad de Lampa?

*Problemas específicos*

¿Cuáles son las características que poseen los residuos sólidos domésticos de la ciudad de Lampa?

¿Qué variables socio-económicos (ingreso, ocupación, vivienda, zona, educación, educación ambiental) inciden en la producción per-cápita de residuos sólidos domésticos?

¿Cómo se puede reducir la producción de residuos sólidos domésticos en la ciudad de Lampa?

## 1.2. ANTECEDENTES

En el foro nacional: *“Hacia una gestión moderna, eficiente, sostenible e inclusiva de residuos sólidos”*, en la actualidad la situación de los residuos sólidos es compleja, ya que existe una limitada disponibilidad de rellenos sanitarios a nivel nacional, así como una baja recaudación de impuestos del arbitrio de limpieza pública...A pesar de la situación descrita, podemos afirmar que han surgido importantes avances en el aspecto normativo, en la gestión de recursos, en la implementación de programas de segregación y recolección selectiva y en el crecimiento del mercado reciclaje en el país (Brack, 2011).

En la Provincia Santiago de Chile (Orccosupa, 2002) evidenció una relación entre el PIB y la producción de RSD per cápita, como lo sugiere la curva ambiental de Kuznets, en forma de U invertida, una relación positiva en un inicio y luego negativa. Por otro lado demostró que la producción per cápita de los RSD, está fuertemente asociada al ingreso económico y consecuentemente al consumo de electricidad por usuario. Por otro lado demostraron la no existencia de una curva de Kuznets para el país de México, medio a través del consumo de materiales, en la que no se llega a obtener un punto de inflexión, por lo que se considera a la economía Mexicana como no sostenible en el periodo de 1970-2003 (Martínez, 2003).

Se realizaron investigaciones sobre residuos sólidos como una propuesta para el mejoramiento de la gestión municipal del manejo de los residuos sólidos domiciliarios de la comuna de Colina, región metropolitana, en Chile y consideró que esta investigación es un aporte para alcanzar los objetivos de reducir, reutilizar y reciclar los RSD, para generar un ahorro económico para la municipalidad (Cabrera, 2005). Además, de esta forma contribuir con la política regional de residuos de la región metropolitana. Por otro lado, en el distrito de Chaclacayo, en Perú se analizó las características de residuos sólidos domésticos y encontró que la producción per cápita de residuos sólidos de todo el distrito es de 0.71kg/hab/día con una varianza de 0.3 kg/hab/día, el comportamiento por estrato indica que el nivel bajo (15.82 Ton/día) genera más residuos que el nivel medio (9.93 Ton/día) y alto (3.88 Ton/día), finalmente concluyó que la composición mayor de los residuos son los restos orgánicos (Orostegui, 2009).

Según (Taboada, Aguilar, Cruz & Ramírez, 2012), realizaron una composición de los residuos sólidos domésticos en Vicente Guerrero México, con el fin de emplear los resultados generados como base para la propuesta de un sistema de tratamientos de residuos con recuperación de energía, el trabajo concluye que del total de residuos generados, el 82.93% tiene potencial de aprovechamiento y el 17.1% se tendría que disponer en el vertedero controlado, del porcentaje aprovechable el 53.53% se podría reciclar y el 46.47% utilizar como materia prima en tratamientos de residuos con recuperación de energía.

(Taboada, Aguilar, Cruz & Ramirez, 2012) estudiaron el potencial de recuperación de residuos sólidos domésticos dispuestos en un relleno sanitario en la ciudad de Ensenada, en el estado de baja California, para determinar su potencial de aprovechamiento valorizándolos en el mercado de los reciclables, en la investigación se pesaron en total 2,510.82 kg, de los cuales 850.35 kg eran del estrato bajo, 844.69 kg del estrato medio y 815.78 kg del estrato alto, los resultados obtenidos reportan un alto porcentaje de residuos que pueden ser reciclados el cual era de 90.79% entre alimentos y material plástico.

(Noguera Katia, Olivero Jesús, 2010), enfocaron su investigación en los rellenos sanitarios en Colombia para proporcionar información básica sobre las condiciones generales de estos sitios en las principales ciudades, encontraron que los rellenos que existen en la actualidad poseen diversidad de problemas operativos, los encontrados con mayor frecuencia son un inadecuado tratamiento de los lixiviados, la emisión de olores desagradables y un manejo pobre de la cobertura de los residuos sólidos, estos resultados conllevan a pensar que es necesario mejorar la operación y el mantenimiento de los rellenos, también se concluye que es urgente incrementar el compromiso de las Agencias Ambientales y de Salud en programas que disminuyan la producción de basuras y promuevan el uso sostenible de aquellos residuos con valor económico, a pesar de los problemas operativos la disposición de los residuos sólidos en rellenos sanitarios alcanzó al 91% en el 2008, siendo esta de gestión pública en su mayoría.

Por su parte (Taboada, Aguilar, Cruz & Ramirez, 2012), hicieron un análisis estadístico de residuos sólidos domésticos en un municipio fronterizo de México, con la finalidad de aportar información para lograr un manejo sustentable de los residuos, estos autores encontraron que los principales componentes de los residuos son los residuos alimenticios, papel, cartón, plásticos y pañales desechables; se observó también que habían diferencias significativas en la composición de los RSD entre las poblaciones urbanas y rurales a pesar de la cercanía geográfica.

### 1.3. OBJETIVOS DEL ESTUDIO

#### *Objetivo general*

Analizar la relación entre algunos factores socio-económicos y la generación per-cápita de residuos sólidos en la ciudad de Lampa.

#### *Objetivos específicos*

- Caracterizar los residuos sólidos domésticos de la ciudad de Lampa
- Identificar los factores socio-económicos que explican la producción per-cápita de residuos sólidos domésticos
- Formular las principales pautas para minimizar la producción de residuos sólidos en base a los resultados del estudio

## CAPITULO II **MARCO TEÓRICO, MARCO CONCEPTUAL E HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN**

### 2.1. MARCO TEÓRICO

#### 2.1.1. Desarrollo Sustentable o Sostenible

El término desarrollo sostenible, se popularizó en el documento: nuestro futuro común, preparado por la comisión Brundtland en 1987. Dicha comisión establecía que mientras el crecimiento económico es esencial para satisfacer las necesidades humanas básicas, el desarrollo sostenible implica compatibilizar dicho crecimiento económico con la protección de los recursos naturales y la capacidad de carga del medio ambiente.

Para lograr el desarrollo sustentable es importante que el desarrollo económico sea compatible con el medio ambiente; esto se traduce en reducir los residuos generados en el proceso productivo, pero ello aún no ocurre en gran parte del país.

Desarrollo sostenible = f(crecimiento económico, uso racional de los recursos naturales y equidad social).

En la agenda XXI<sup>1</sup> se reconoce la necesidad de aplicar el principio preventivo para la gestión integral de los residuos sólidos: “Deberá elaborar estrategias y medidas para detener y revertir los efectos de la degradación ambiental en el contexto de los crecientes esfuerzos nacionales e internacionales para promover el desarrollo sostenible de todos los países”, aquí se indica que, la gestión de los residuos es uno de los temas ambientales más relevantes y estratégicos para el desarrollo sostenible de los países.

La sustentabilidad del desarrollo debe servir de marco conceptual básico la problemática de la gestión de los residuos, asimismo, la agenda propone implementar las siguientes medidas de gestión:

- Iniciar y/o apoyar programas que busquen una sostenida minimización en la generación de los residuos sólidos.
- Proveer incentivos para reducir las prácticas insostenibles de producción y consumo.
- Desarrollar o fortalecer capacidades nacionales en investigación, diseño de tecnologías ambientalmente adecuadas y adoptar medidas para reducir los residuos al mínimo.
- Desarrollar planes para minimizar la generación de residuos como parte del plan nacional de desarrollo de los países.

<sup>1</sup> Programa 21, División de Desarrollo Sostenible – Naciones Unidas, Junio 1992

- Enfatizar estudios de minimización de residuos en conjunto con el sistema de las Naciones Unidas.

### 2.1.2. Minimización de residuos

Con la cultura del "úselo y tírelo" y la invención de nuevos materiales, la capacidad de autodepuración propia de la naturaleza se ha visto amenazada. *"Nadie duda que los materiales plásticos, metales, vidrios, detergentes, fertilizantes, etc., son útiles para el hombre, sin embargo, la falta de mecanismos de control sobre su uso y la inexistencia de sistemas de recolección, reciclaje y disposición final adecuada, hacen que estos nuevos materiales se transformen en un problema para la sustentabilidad global del planeta. Producir más con menos, con el fin de evitar el sobre-consumo y agotamiento de recursos, debe ser una cualidad de los sistemas de gestión de los residuos sólidos domésticos"*<sup>2</sup>

En tal sentido, a partir de los 90's la minimización de residuos ha cobrado una importancia creciente para las empresas, los gobiernos, y las comunidades. No es suficiente plantear medidas al final del proceso de manejo de los residuos sólidos domésticos (end of pipe), como la disposición final; es prioritario desarrollar e implementar políticas públicas que estén orientadas a desincentivar la generación de residuos sólidos. También (Seoánez, 2000) afirma que la prioridad fundamental es seguir una línea "anti contaminante", es decir, la reducción o eliminación de residuos en origen, reducir es la exigencia sustentable hoy,

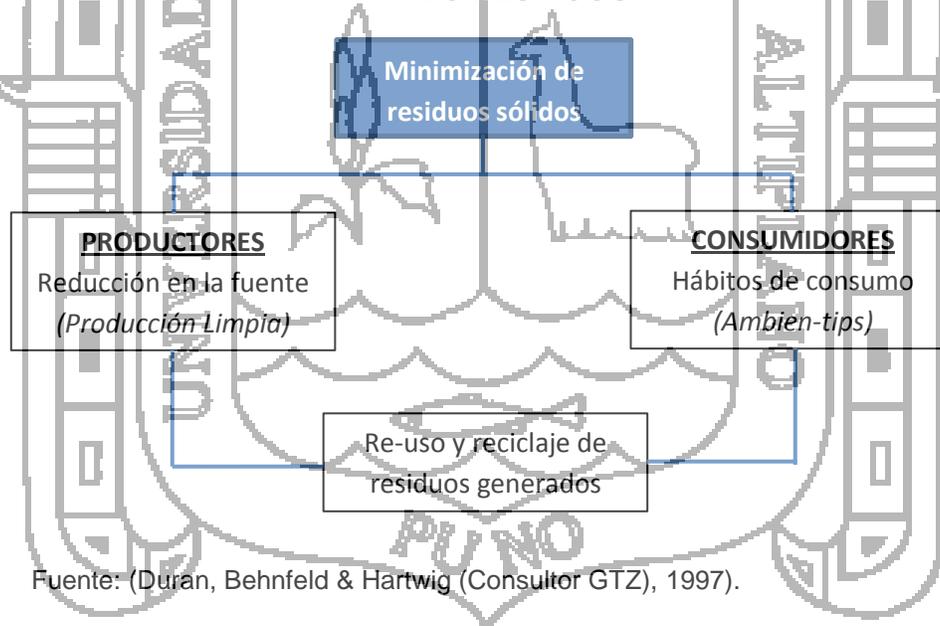
---

<sup>2</sup> Comisión Brudtland: "Nuestro futuro común, preparado por la Comisión Mundial del Medio Ambiente y Desarrollo" 1987 –Naciones Unidas

legalmente, contaminar no es otra cosa que generar residuos por sobre las normativas ambientales establecidas y desaprovechar recursos.

El Banco Mundial, resalta tres fases para la minimización de residuos: (i) reducción en la fuente, (ii) reciclaje o reuso y (iii) tratamiento. El componente sustancial de este concepto es la reducción en la fuente, que comprende actividades como la sustitución de insumos, control del proceso productivo, adaptación de nuevas tecnologías y cambio de hábitos de consumo de la población<sup>3</sup>.

**FIGURA N° 04:**  
**ACTORES PRINCIPALES EN LA MINIMIZACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS**  
**DOMÉSTICOS**



Fuente: (Duran, Behnfeld & Hartwig (Consultor GTZ), 1997).

En la figura N° 04 se muestra el deber que corresponde a los actores principales en la tarea de minimizar la cantidad de RSD generados; vista desde el

<sup>3</sup> Informe sobre el desarrollo mundial (1992): "El desarrollo y el medio ambiente" – Banco Mundial.

ciclo de vida de productos y servicios, se observa la secuencia necesaria para abordar la minimización de los RSD, considerando el principio preventivo. Los productores de bienes deberían implementar Políticas de Producción Limpia, lo que se traduce en producir bienes y servicios generando menor cantidad de residuos. Los consumidores deben incorporar a sus hábitos de consumo los ambient- tips, que representan cambio de actitudes para evitar o reducir la generación de RSD, es decir, antes de adquirir o consumir el producto (pre-consumo).

La reducción en la fuente (minimización) es el método más efectivo para mejorar el desempeño ambiental de un envase; puede también llevar a sustanciales ahorros en los costos, tanto para los fabricantes como para los consumidores. Por ello, la tarea de reducir la generación de RSD, pasa por incorporar a los productores, consumidores e intermediarios en el proceso.

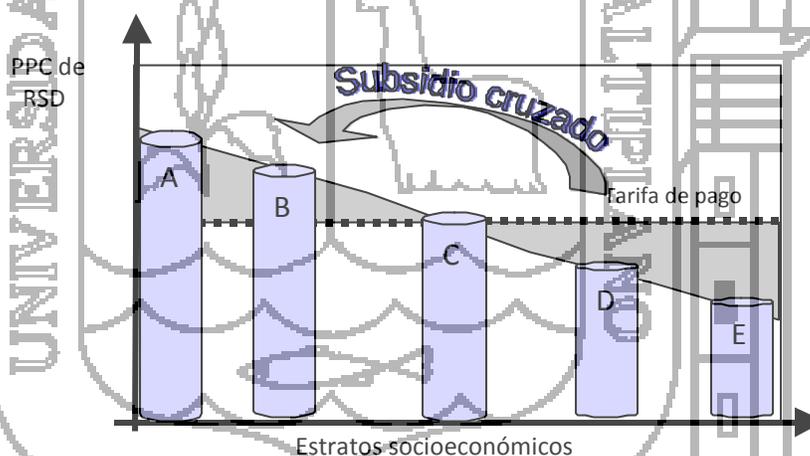
Ello implica un desafío para el Estado, así como para el resto de los actores sociales que intervienen en las decisiones, ya que constituye un elemento central de la sustentabilidad de la gestión de los residuos.

El servicio de recolección, transporte y disposición final de los residuos sólidos demanda costos que crecen proporcionalmente a la cantidad que genera cada habitante. Desde varios puntos de vista, es indeseable el incremento de la producción per cápita de RSD, ya que ambientalmente se generan problemas en el equilibrio de los ecosistemas. Producto de la sobre-extracción de recursos naturales, el incremento de los volúmenes de disposición final reduce la vida útil del relleno sanitario, este incremento de los costos de manejo de RSD, no se

recupera con el cobro del servicio, presentándose subsidios con recursos del presupuesto asignado a los municipios; Ello muestra la falencia del sistema de tarifas cobradas a través de las contribuciones generando subsidios cruzados. En este caso un usuario que genera una cantidad más alta de residuos paga un precio relativamente bajo por Kg. de residuo, mientras aquel que genera menos residuos (no exentos al pago), paga un precio relativamente alto por Kg de residuo (Costa & Felipe, 1995); Esta brecha se agudiza debido al aumento del costo de disposición, por la habilitación de nuevos rellenos sanitarios, que se ubican a mayor distancia del límite urbano (Borregaard, 1996).

FIGURA N° 05:

**ESQUEMA DE SUBSIDIOS CRUZADOS, EN EL COBRO POR EL SERVICIO DE ASEO MUNICIPAL**



Fuente: Tomado de (Costa & Felipe, 1995)

### 2.1.3. Curva ambiental de Kuznets, EKC

La evidencia empírica para la existencia de una curva en forma de U invertida en la relación entre presión ambiental e ingreso se ha reunido en un gran número de estudios que comparten características comunes con respecto a los datos y los métodos empleados. Los datos usados en esta clase de estudios son, generalmente, un panel de observaciones en diversos países para algunos periodos en el tiempo. El método común para examinar la posible relación entre presión ambiental, e ingreso, es estimar el siguiente modelo en forma reducida para el panel disponible de datos:

$$EP_{i,t} = \alpha_{i,0} + \beta_1 YP_{i,t} + \beta_2 YP_{i,t}^2 + \beta_3 YP_{i,t}^3 + \beta_4 T + \beta_5 Z_{i,t} + e_{i,t} \dots (1)$$

Donde:

EP: Presión ambiental.

YP: Ingreso familia bruto per-cápita.

Z: Variables externas socioeconómicas.

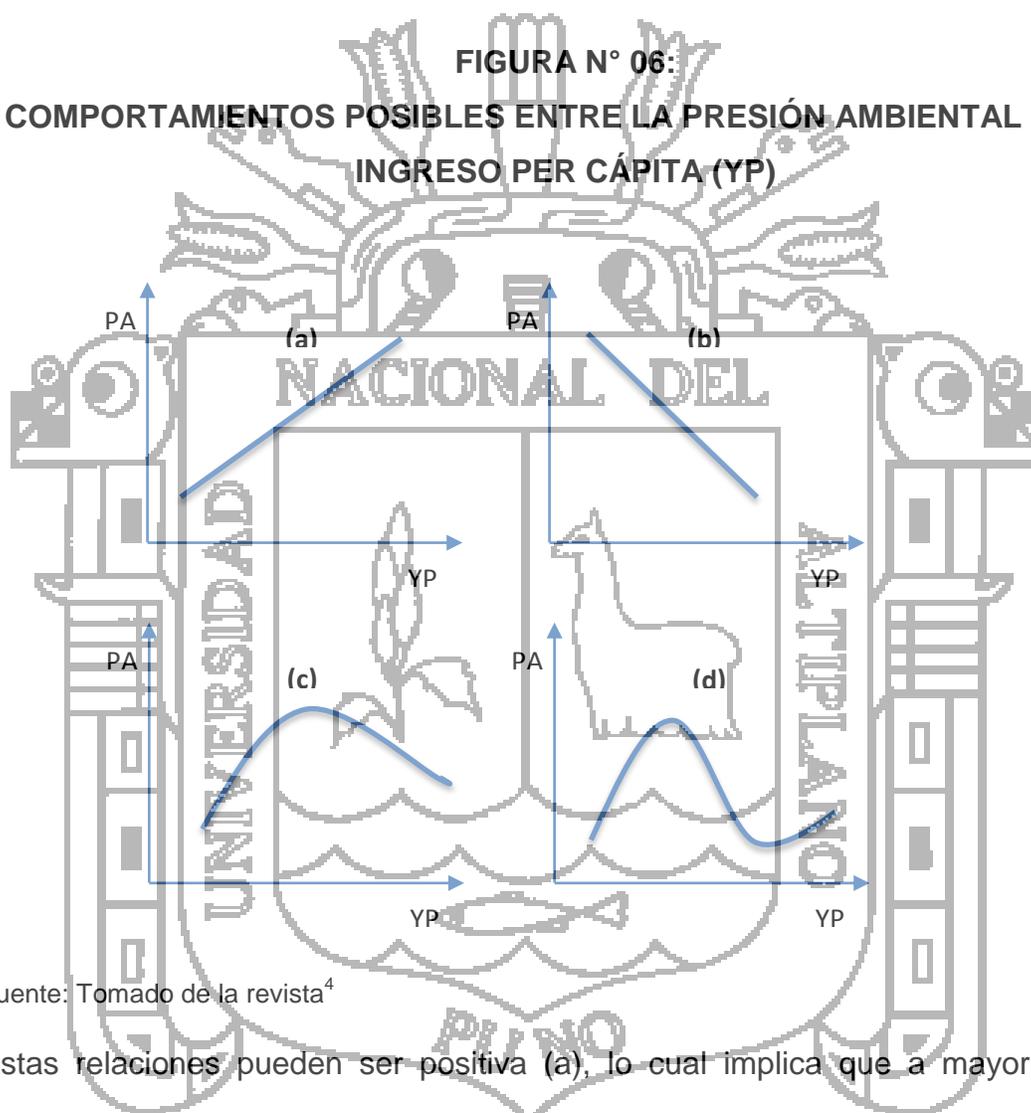
T: Tendencia

e: Término de error.

Aquí el subíndice  $i$  señala el índice del país,  $t$  indica el momento en el tiempo,  $\alpha$  es la constante-o sea, el nivel promedio de presión ambiental cuando el ingreso no tiene una influencia importante sobre la presión ambiental-,  $\beta_i$  representa la importancia relativa de las variables explicatorias,  $Z_{i,t}$  determina las

otras variables de influencia sobre la presión ambiental y  $e_{i,t}$  es el término de error normalmente distribuido. Este modelo permite plantear diferentes tipos de relaciones entre el medio ambiente-crecimiento económico (ingreso per-cápita),

**FIGURA N° 06:**  
**COMPORTAMIENTOS POSIBLES ENTRE LA PRESIÓN AMBIENTAL (PA) E**  
**INGRESO PER CÁPITA (YP)**



Fuente: Tomado de la revista<sup>4</sup>

Estas relaciones pueden ser positiva (a), lo cual implica que a mayor ingreso económico, se produce una mayor contaminación en el medio ambiente (puede ser por gases tóxicos, residuos sólidos, etc.), sin embargo la teoría ha logrado

<sup>4</sup> Crecimiento económico y medio ambiente: "Una revisión analítica de la hipótesis de la curva ambiental de Kuznets" 2004.

encontrar varias veces una relación como se ve en la gráfica c, la que explica un cambio en la pendiente, después de llegar a un punto de inflexión, este comportamiento se evidenció para países desarrollados.

## **2.2. MARCO CONCEPTUAL**

### **2.2.1. Residuos sólidos domésticos**

Los generados en las casas habitación, que resultan de la eliminación de los materiales que se utilizan en sus actividades domésticas, de los productos que consumen y de sus envases, embalajes o empaques; que provienen de cualquier otra actividad que genere residuos sólidos con características domiciliarias, y los resultantes de las vías y lugares públicos, siempre que no sean considerados por la Ley General para la Prevención y gestión integral de residuos como residuos de manejo especial (Uribe B., 2014).

### **2.2.2. Gestión integral de residuos sólidos**

Sistema que combina la administración de diferentes tipos de residuos y la utilización de diversos métodos para su recolección, aprovechamiento, tratamiento y disposición final, a fin de lograr beneficios ambientales, la optimización económica del manejo y su aceptación social, adaptándolos a las necesidades y circunstancias de cada localidad o región (Barón, 2004).

### **2.2.3. Ingreso bruto per-cápita**

Es la producción realizada en promedio por persona dentro de un territorio o estado, valorizada en términos monetarios (Barón, 2004).

#### 2.2.4. Reciclaje

Son aquellos residuos sólidos que no se descomponen fácilmente y pueden volver a ser utilizados en procesos productivos como materia prima (Barón, 2004).

Entre estos residuos se encuentran: papeles y plásticos, chatarra, vidrio, telas, radiografías, partes y equipos obsoletos o en desuso, entre otros. Estos residuos generalmente se pueden separar y almacenar para ser recolectados por empresas recicladoras para su reutilización y/o transformación.

Se pueden distinguir seis (6) grupos de residuos reciclables, que se producen generalmente en las casas y en las instituciones educativas:

- A- Papel, cartón, envases de leche, periódico
- B- Metal y latas.
- C- Bolsas de tela plástica.
- D- Botellas y vidrio
- E- Envases y botellas de plástico.
- F- Ropa vieja y trapos.

### 2.2.5. Re-uso o reutilización

Toda actividad que permita re aprovechar directamente el bien, artículo o elemento que constituye el residuo sólido, con el objeto de que cumpla el mismo fin para el que fue elaborado originalmente.

### 2.2.6. Relleno sanitario

Instalación destinada a la disposición sanitaria y ambientalmente segura de los residuos en la superficie o bajo tierra, basados en los principios y métodos de la ingeniería sanitaria y ambiental (Barón, 2004).

### 2.2.7. Correlación

En sentido estricto, correlación entre dos variables tan solo significa que ambas variables comparten información, que comparten variabilidad. Determinar el origen de la información, la fuente de la variabilidad -la causa- es una cuestión que no puede resolverse mediante recursos exclusivamente matemáticos.

### 2.2.8. Caracterización de residuos sólidos

La caracterización de residuos sólidos se realiza con la finalidad de conocer la generación y composición de la misma, también responde a las preguntas sobre la cantidad producida, porcentaje de material reciclable, porcentaje de incineración o compostificación (MEF, 2014).

### 2.2.9. Minimización de residuos

Es una política pública usada para mejorar la gestión ambiental de una determinada localidad dentro del foro internacional de Rio, Brasil a la cual el Perú

pertenece, los actores principales en la minimización de residuos son los productores y consumidores por un lado reduciendo la fuente de generación de residuos por la producción de bienes y servicios (a través de certificaciones de gestión ambiental ISO 14000) y por el otro el consumo responsable de bienes y servicios que sean reciclables y/o poco desechables.

#### **2.2.10. Las regulaciones ambientales**

Los países desarrollados, por lo general, contemplan en su legislación regulaciones y normas ambientales más estrictas, a raíz primordialmente de su capacidad técnica y económica para ponerlas en práctica, así como de la preocupación de sus ciudadanos por velar que la protección del medio esté debidamente respaldada por normativas claras y rigurosas.

Esto permite suponer que conforme el ingreso crece, los ciudadanos se preocupan por aplicar mejores normas ambientales y además tienen la capacidad de hacerlo, por lo que después de cierto punto, a mayores niveles de ingreso la contaminación ambiental tenderá a disminuir tal como lo supone la hipótesis de la curva ambiental de Kuznets.

Esta posición es avalada por el Banco Mundial cuando afirma “a medida que los PIB per cápita aumenta, la capacidad para invertir para mejorar las condiciones ambientales.

## 2.3. HIPÓTESIS

### *Hipótesis general*

Mayores niveles de contaminación por residuos sólidos son generados por mayores ingresos económicos, nivel educativo y menor nivel de educación ambiental en niveles per-cápita.

### *Hipótesis específicos*

- Las características de los residuos sólidos de la ciudad de Lampa apoyan a la implementación de un sistema de reciclaje, por ser mayor al 60% de material reciclable (residuos orgánicos, papel, vidrio y PET).
- Mejores condiciones de vida (expresada en mayores ingresos y mejores viviendas y educación) se relacionan con mayor producción de residuos sólidos, sin embargo nadie paga por concepto de gestión de residuos sólidos.
- El sistema de minimización de residuos sólidos podría implementarse a través de una tarifa diferencia bajo el principio de “Quién más contamine más pagará”

### CAPITULO III MÉTODO DE INVESTIGACIÓN

#### 3.1. DESCRIPCIÓN DEL TIPO DE INVESTIGACIÓN

El siguiente estudio es de corte transversal (en el tiempo) y de tipo descriptivo-correlacional (para las variables), haciendo una evaluación de la relación entre los factores socio-económicos y la producción per cápita de residuos sólidos domésticos.

##### 3.1.1. Descripción de etapas de investigación

*Primera:* Destinada a la recolección de la información general, revisión rápida de los estudios realizados, textos, publicaciones oficiales, estudios sobre caracterización de residuos sólidos, publicaciones electrónicas, entrevistas con personas relacionadas con la instituciones en la que son especialistas en el manejo de residuos sólidos el cual concluyó con la aprobación del proyecto de investigación.

*Segunda:* Consiste en la preparación de materiales y equipos para la recopilación de datos de campo, diseño, elaboración y aplicación de encuestas a una población representativa de la población objeto de estudio. Realizando la caracterización de residuos sólidos domésticos generados por la muestra.

*Tercera:* El procesamiento de datos recopilados para identificar las acciones estratégicas en cuanto a las decisiones de políticas ambientales evaluando la correlación entre las variables estudiadas, la producción per cápita de residuos sólidos domésticos con las variables socio-económicas.

### 3.1.2. Recolección de datos

Se realizara con un método aleatorio simple para elegir las viviendas participantes de la investigación con el siguiente método de cálculo, según el INEI la tasa de crecimiento proyectado es 0.7%, en los 7 años pasados desde que se realizó el último censo, la población urbana incrementa de 1,655 viviendas a 1,738 viviendas al 2014:

**TABLA N° 01:**  
**DETERMINACIÓN DE LA MUESTRA**  
(En número de viviendas)

Distrito	Población Total	Viviendas Urbanas (N)	Viviendas Rural
Lampa	5,240	1,655	3,585

Fuente: INEI.

Según las muestras utilizadas en la guía para la elaboración de proyectos de residuos sólidos del Sistema Nacional de Inversión Pública<sup>5</sup> dan por significativa trabajar con un tamaño de muestra obtenida de la siguiente fórmula.

$$n = \frac{Z_{1-\alpha/2}^2 N \sigma^2}{(N-1)E^2 + Z_{1-\alpha/2}^2 \sigma^2}$$

Donde:

$n$  = muestra de las viviendas

$N$  = total de viviendas

$Z$  = nivel de confianza 95%=1.96

$\sigma$  = desviación estándar

$E$  = error permisible

**TABLA N° 02:  
DETERMINACIÓN DE LA MUESTRA – VALORES RECOMENDADOS**

Nombre	Valor
Desviación estándar ( $\sigma$ )	0.25
Error permisible ( $E$ )	0.062
Nivel de confianza ( $Z$ )	1.96

Fuente: Elaboración propia, con supuestos del SNIP.

$$n = \frac{1.96^2 * 1,738 * 0.25^2}{(1,738 - 1) * 0.062^2 + 1.96^2 * 0.25^2} = 60.32$$

<sup>5</sup> Sistema Nacional de Inversión Pública: “Guía metodológica para la elaboración de proyectos de pre-inversión para la gestión de residuos sólidos”.

Se selecciona una muestra aleatoria de 60 viviendas sectorizadas por barrios, para poder tomar los puntos más importantes de la ciudad.

**TABLA N° 03:**  
**DETERMINACIÓN DE LA MUESTRA POR BARRIOS**  
**(En número de viviendas)**

N°	Nombres de las zonas atendidas	N° de viviendas encuestadas
1	Barrio Central	7
2	Barrio Arriba	7
3	Barrio Autentico Abajo	7
4	Barrio Unión Abajo	7
5	Urbanización Santa Rosa	6
6	Urbanización Barranco	6
7	Urbanización Nueva Esperanza	7
8	Urbanización Juan Velasco Alvarado	6
9	Urbanización Puente Colonial	7
	Total	60

Fuente: Municipalidad Provincial de Lampa<sup>6</sup>.

La encuesta se realizó en dos semanas, el primer día se selecciona las viviendas y se les entrega 2 bolsas de plástico para que llene con la basura que se generará en adelante, al momento de la entrega se les dio indicaciones, para que desechen

<sup>6</sup> Plan de gestión integral de residuos sólidos domésticos – 2008.

únicamente los residuos desechados en la vivienda durante los 3 días siguientes, llegado los 3 días el encuestador va a recogerla para pesarla y aplicar la encuesta al jefe del hogar o quien pueda representarlo.

**FIGURA N° 07:**  
**METODOLOGÍA DE RECOLECCIÓN DE DATOS DE CAMPO**



Fuente: fotos de la visita a la ciudad de Lampa.

De la encuesta que se aplicó a la población urbana, se obtuvieron los datos socioeconómicos más importantes, relacionadas con la variable contaminación por residuos sólidos domiciliarios.

Para obtener la información del consumo de energía eléctrica se les pidió el último recibo de consumo de energía eléctrica.

**TABLA N° 04:**  
**VARIABLES OBTENIDOS DE LA ENCUESTA**

Nº	Variable Exigida	Indicador
1	-Producción per cápita de residuos sólidos domésticos (RSP)	-RSP (Kg./día - persona)
2	-Consumo de energía eléctrica (CE)	-CCE (KWh/Hab.-mes)
3	-Ingreso bruto per-cápita (YP) -Ingreso bruto familiar (Y)	Variable continua (Nuevos Soles)
4	-Edad del jefe de hogar (EDAD)	Continua
5	-Grado de educación (EDU)	0: Ninguna 1: Primaria 2: Secundaria 3: Educación Superior 4: Post-grado
6	- Recibió educación ambiental (AMB)	1: SI 0: NO
7	-Tipo de vivienda (VIV)	3: M.N. con acabado 2: M.N. con acabado 1: Adobe

Fuente: Elaboración propia.

### 3.1.3. Tratamiento de datos

Se consideran los factores de medición de variable se hipótesis formuladas, los criterios para validar los datos son:

- Balanza calibrada con rango de 10gr de error.
- Elección de una muestra al 95% de confianza.

### 3.1.4. Análisis de los datos

Se analizará los datos con estadística descriptiva, distribución de frecuencia (gráficamente) y medidas de tendencia central. Los análisis paramétricos para

probar las hipótesis se realizará utilizando el paquete estadístico E-views y la hoja de cálculo Excel.

Las estimaciones econométricas para describir comportamiento de las diferentes variables introducidas en el modelo.

### 3.1.5. Métodos estadísticos para el análisis correlacional:

#### Coefficiente de correlación lineal

El coeficiente de correlación lineal es un estadístico que mide el tipo de relación (signo) y la fuerza (magnitud del coeficiente) de asociación lineal entre dos variables. Usualmente el coeficiente de correlación lineal, representado por la letra  $r$ , bajo las condiciones de un muestreo aleatorio ideal se considera una buena representación del coeficiente de correlación poblacional ( $\rho$ ).

El coeficiente de correlación puede tomar valores entre -1 y +1.

$$r_{xy} = \frac{\sum(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum(x_i - \bar{x})^2 \sum(y_i - \bar{y})^2}}$$

$$r_{xy} = \frac{\text{Cov}(X, Y)}{S_X S_Y}$$

Si  $r$  tiende a 1 estaría indicando una relación lineal positiva o directa entre las variables. Si  $r$  tiende a -1, existiría una relación lineal negativa o inversa entre las variables. Cuando  $r$  es exactamente igual a 1 o -1 la relación lineal es perfecta, siendo posible ajustar todos los puntos a través de una línea recta con pendiente positiva o negativa. Si  $r$  es cero no hay relación lineal entre las variables y una

línea horizontal une todos los pares de valores localizados en el diagrama de dispersión

### Pruebas de hipótesis

La formalidad estadística sugiere realizar pruebas de hipótesis sobre los parámetros poblacionales basándose en los estadísticos encontrados.

Por ejemplo, aun cuando el coeficiente de correlación lineal estimado entre dos variables sea diferente de cero, esto no es suficiente para afirmar que el parámetro poblacional  $\rho$  es en realidad distinto de cero, pues requiere recordarse que las inferencias se efectúan con base en información muestral y existe un margen de error cuando se realiza este tipo de procedimiento.

Paso 1: Planteamiento de la hipótesis

$$H_0: \rho = 0$$

$$H_1: \rho \neq 0$$

Paso 2: Nivel de significancia. Representa el nivel de error máximo tolerable para realizar la prueba. Este es establecido o definido por el investigador y se denota con la letra  $\alpha$ . Los valores de significancia con los cuales se trabajan pueden cambiar de una disciplina o ciencia a otra. Bajo situaciones donde los experimentos tienen alto grado de control, usualmente se trabaja con niveles del 1% y 5%, (altamente significativo, respectivamente). En las investigaciones de las ciencias sociales, donde existe un limitado grado de control sobre las variables,

pueden encontrarse significancias estadísticas del 10% y en algunas ocasiones hasta un 20%.

Paso 3: El estadístico de prueba. Es una medida estadística calculada a partir de información muestral o experimental para llevar a cabo la prueba.

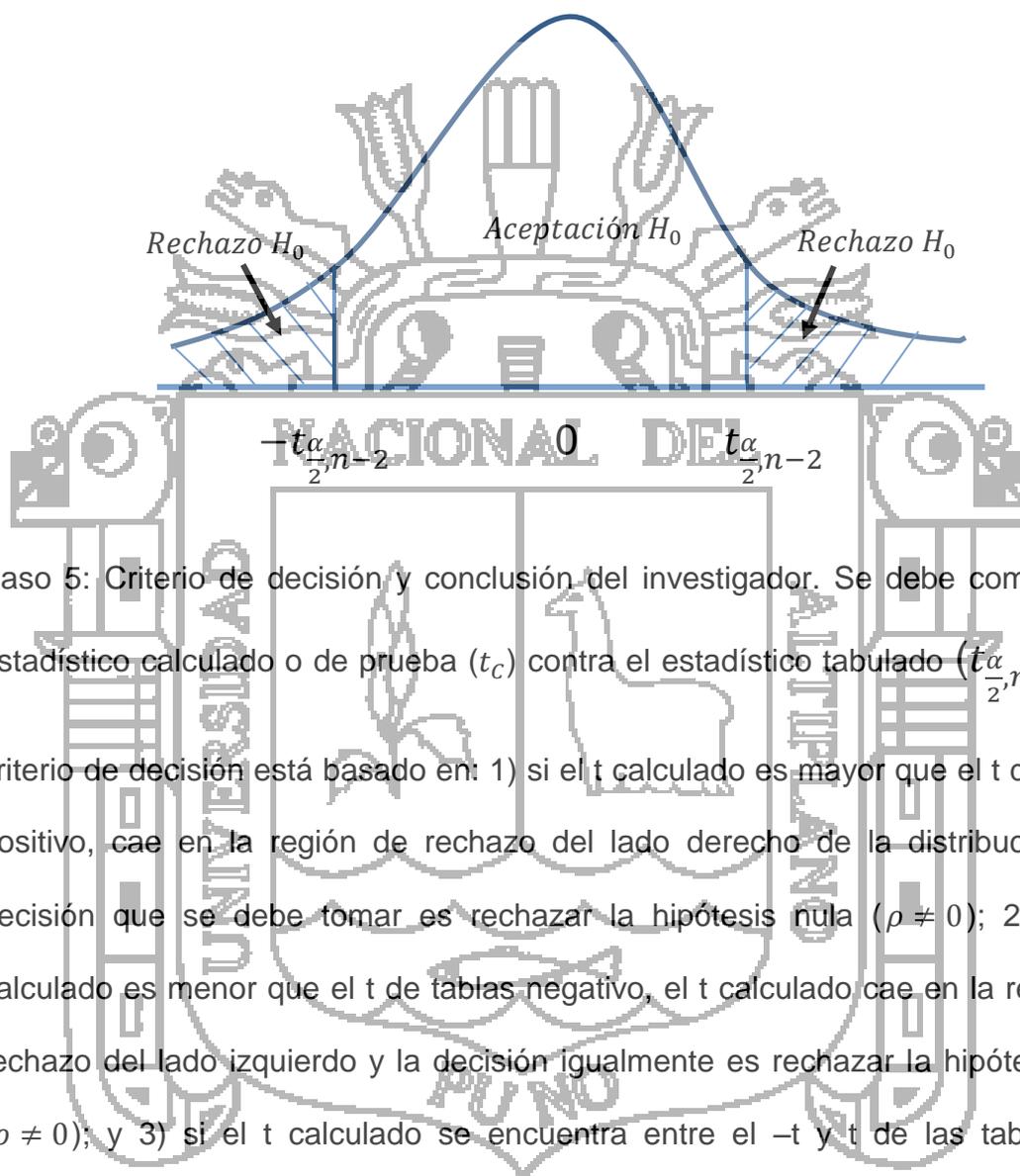
Para el caso de correlación lineal simple, el estadístico de prueba se define como:

$$t_c = \frac{(r\sqrt{n-2}) - \theta}{\sqrt{1-r^2}} \sim t_{\frac{\alpha}{2}, n-2}$$

Donde  $r$  es el coeficiente de correlación lineal muestral,  $n$  es el tamaño de la muestra,  $n-2$  los grados de libertad de la prueba y  $\theta$  el valor del parámetro poblacional en la hipótesis nula. En este ejemplo particular,  $\theta$  toma el valor de cero, pero en otras pruebas, de acuerdo con lo que desee evaluar el investigador  $\theta$  puede corresponder a un valor distinto de cero, entre -1 y 1.

Paso 4: Regiones de decisión. Dado que la hipótesis alterna señala el símbolo  $\neq$ , se trabaja con los dos lados de la distribución. La región de rechazo estará repartida en los extremos de la función de probabilidad, con un valor de  $\alpha/2$  a cada lado. Los valores de los límites derecho e izquierdo que limitan las regiones de rechazo se determinan mediante el uso de la tabla  $t$  con sus respectivos grados de libertad. Estos valores de  $t$  se denominan estadísticos de contraste. La figura  $j$  muestra la región de rechazo ( $RH_0$ ) y aceptación ( $AH_0$ ) de la hipótesis nula de esta prueba.

**FIGURA N° 08:**  
**CAMPANA DE GAUSS PARA PRUEBA DE HIPÓTESIS**



Paso 5: Criterio de decisión y conclusión del investigador. Se debe comparar el estadístico calculado o de prueba ( $t_c$ ) contra el estadístico tabulado ( $t_{\frac{\alpha}{2}, n-2}$ ). El criterio de decisión está basado en: 1) si el t calculado es mayor que el t de tablas positivo, cae en la región de rechazo del lado derecho de la distribución y la decisión que se debe tomar es rechazar la hipótesis nula ( $\rho \neq 0$ ); 2) si el t calculado es menor que el t de tablas negativo, el t calculado cae en la región de rechazo del lado izquierdo y la decisión igualmente es rechazar la hipótesis nula ( $\rho \neq 0$ ); y 3) si el t calculado se encuentra entre el  $-t$  y  $t$  de las tablas, el t calculado cae en la región de aceptación y la decisión es no rechazar la hipótesis nula ( $\rho = 0$ ) (Barón, 2004).

### 3.1.6. Modelo lineal

La expresión matemática para una regresión lineal es expresada de la siguiente manera:

$$y = a_0 + a_1 x + e \dots\dots\dots (1)$$

Donde:

$a_0$  y  $a_1$  son coeficientes que representan la intersección con el eje  $y$  y la pendiente, respectivamente.

$e$  es el error, o diferencia, entre el modelo y las observaciones, el cual se representa al reordenar la ecuación como:

$$e = y - a_0 - a_1 x \dots\dots\dots (2)$$

El error o residuo “ $e$ ” es la discrepancia entre el valor verdadero de “ $y$ ” y el valor aproximado “ $a_0 + a_1 x$ ”, el cual predijo la ecuación lineal

Si se minimiza la suma de los errores residuales de todos los datos disponibles se tiene una mejor línea de ajuste, es decir,

$$\sum e_i = \sum (y_i - a_0 - a_1 x_i); \text{ las sumas van de } i=1 \text{ hasta } n=\text{número de puntos}$$

Una mejor aproximación es minimizar la suma de los valores absolutos

$$\sum |e_i| = \sum |y_i - a_0 - a_1 x_i|; \text{ para } i=1 \text{ a } n$$

Los dos criterios anteriores, sin embargo, no son adecuados pues no dan un “único” mejor ajuste.

Un mejor criterio es el “minimax”, en donde la línea de ajuste se elige para que se minimice la máxima distancia a la que se encuentra un punto de la línea. Esta técnica tiene el inconveniente de que da excesiva influencia a puntos fuera del conjunto (un solo punto con un gran error). Minimax es una técnica adecuada para ajustar una función simple a una complicada. Consiste en minimizar la suma de los cuadrados de los residuos entre la “y” medida y la calculada con el modelo lineal (Barón, 2004).

Sumatoria de residuos =  $\sum e_i^2 = \sum (y_i - a_0 - a_1x_i)^2$ , para  $i=1$  a  $n$ .

Ajuste de una línea recta por mínimos cuadrados:

Para determinar los valores de  $a_0$  y  $a_1$ , se deriva con respecto a cada uno de los coeficientes:

$$\frac{\partial S_r}{\partial a_0} = -2 \sum (y_i - a_0 - a_1x_i)$$

$$\frac{\partial S_r}{\partial a_1} = -2 \sum [(y_i - a_0 - a_1x_i)x_i]$$

$$0 = \sum y_i - \sum a_0 - \sum a_1x_i$$

$$0 = \sum y_ix_i - \sum a_0x_i - \sum a_1x_i^2$$

Al igualar las derivadas a cero dará como resultado un Sumatoria de residuos mínimo.

Ahora  $\sum a_0 = na_0$  y expresamos las ecuaciones como un conjunto de dos ecuaciones lineales simultáneas (con 2 incógnitas):

$$\sum y_i = na_o + (\sum x_i)a_1$$

$$\sum y_i x_i = (\sum x_i)a_o + (\sum x_i^2)a_1$$

Como resultado del despeje se tiene:

$$a_1 = \frac{(n \sum x_i y_i - \sum x_i \sum y_i)}{(n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2)} \dots\dots\dots(2)$$

$$a_o = y - a_1 x$$

### 3.1.7. Modelo polinomial

Consiste en otra alternativa, para ajustar polinomios a los datos. Necesitamos ajustar a un polinomio de segundo grado ó cuadrático:

$$y = a_o + a_1 x + a_2 x^2 + e \dots\dots\dots(3)$$

La suma de los cuadrados de los residuos (Sr) es:

$$Sr = \sum_{i=1}^n (y_i - a_o - a_1 x_i - a_2 x_i^2)^2$$

Derivamos sumatoria de residuos con respecto a a<sub>0</sub>:

$$-2 \sum (y_i - a_o - a_1 x_i - a_2 x_i^2)$$

Luego con respecto a a<sub>1</sub>:

$$-2 \sum x_i (y_i - a_o - a_1 x_i - a_2 x_i^2)$$

Por último con respecto a a<sub>2</sub>:

$$-2\sum x_i^2 (y_i - a_0 - a_1x_i - a_2x_i^2)$$

Igualamos a 0, y reordenamos:

$$(n)a_0 + (\sum x_i)a_1 + (\sum x_i^2)a_2 = \sum y_i$$

$$(\sum x_i)a_0 + (\sum x_i^2)a_1 + (\sum x_i^3)a_2 = \sum x_i y_i$$

$$(\sum x_i^2)a_0 + (\sum x_i^3)a_1 + (\sum x_i^4)a_2 = \sum x_i^2 y_i$$

Tenemos un sistema de ecuaciones, con 3 incógnitas ( $a_0, a_1, a_2$ ), entonces se puede extender un polinomio de m-ésimo grado como sigue:

$$y = a_0 + a_1x + a_2x^2 + \dots + a_mx^m + e$$

El error estándar se calcula de la siguiente manera:

$$s_{y/x} = \sqrt{\frac{s_r}{n - (m + 1)}}$$

### 3.1.8. Curva ambiental de Kuznets

El modelo teórico de la curva ambiental de Kuznets se plantea de la siguiente forma:

$$RSP_i = \alpha_i + \beta_1 YP_i + \beta_2 YP_i^2 + \beta_3 YP_i^3 + \beta_4 Z_i + e_i \dots \dots \dots (2)$$

Donde:

RSP : Producción per-cápita de residuos sólidos.

YP : Ingreso bruto per-cápita.

Zi : Determina las otras variables de influencia sobre la presión ambiental, el cual puede ser representativo el consumo de energía eléctrica o la educación ambiental que poseen.

*El crecimiento económico y calidad ambiental:*

1.  $\beta_1 > 0$  y  $\beta_2 = \beta_3 = 0 \Rightarrow$  Relación creciente monotónica, indicando que altos niveles de ingreso están asociados con más altos niveles de emisiones

2.  $\beta_1 < 0$  y  $\beta_2 = \beta_3 = 0 \Rightarrow$  Relación monotónica decreciente, señalando que altos niveles de ingreso están asociados con niveles declinantes de emisiones.

3.  $\beta_1 > 0$ ,  $\beta_2 < 0$  y  $\beta_3 = 0 \Rightarrow$  implica una relación cuadrática en forma de U invertida, representando la curva ambiental de Kuznets e indicando que altos niveles de ingresos están asociados con niveles declinantes después que un nivel particular de ingreso ha sido alcanzado.

4.  $\beta_1 < 0$ ,  $\beta_2 > 0$  y  $\beta_3 = 0$  implica una relación cuadrática en forma de U, en oposición a la EKC.

5.  $\beta_1 > 0$ ,  $\beta_2 < 0$  y  $\beta_3 > 0$  Implica un polinomio cúbico, representando la gráfica en forma de N, similar a la EKC pero con un subsiguiente incremento de las emisiones para altos niveles de ingresos.

6.  $\beta_1 < 0$ ,  $\beta_2 < 0$  y  $\beta_3 > 0$  implica un polinomio cúbico contrario a la curva en forma de N –los niveles de presión ambiental inicialmente declinan, luego se incrementan y subsiguientemente declinan de nuevo.
7.  $\beta_1 = 0$ ,  $\beta_2 = 0$  y  $\beta_3 = 0$  implica un comportamiento plano, indicando que las emisiones no son influenciadas por el nivel de ingreso.

Para el caso de una ecuación cuadrática, la descripción de las anteriores relaciones indica que la curva ambiental de Kuznets es sólo una de los posibles resultados del modelo planteado en la ecuación (2, con  $\beta_3 = 0$ ). Ahora, el punto umbral de la EKC se obtiene estableciendo la derivada de (2) e igualando a cero, lo cual produce (Correa, 2004):

$$Y^* = (-\beta_1 / 2\beta_2)$$

## CAPITULO IV CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE INVESTIGACIÓN

### 4.1. ÁREA DE INFLUENCIA O ÁREA DE ESTUDIO

La información se recopiló de los encuestados, que representan a una vivienda de la zona urbana de Lampa.

Departamento	:	Puno
Provincia	:	Lampa
Distrito	:	Lampa

#### 4.1.1. Ubicación Geográfica

La ciudad de Lampa, capital de la provincia de Lampa, ubicado en la centro occidental del departamento de Puno, por su ubicación geográfica pertenece a la región Natural Suni, se encuentra a una altura de 3,783 m.s.n.m., sus coordenadas geográficas son:

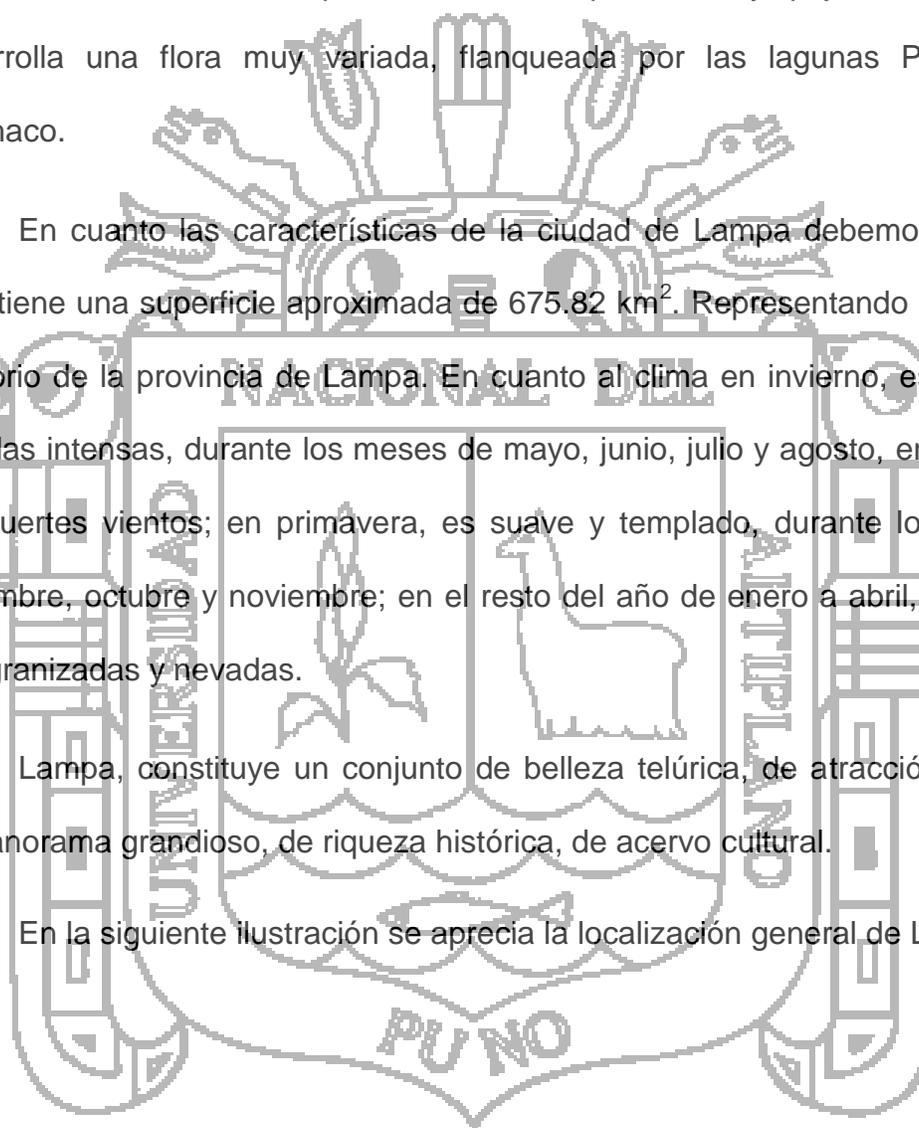
- ✓ Latitud Sur: 15° 21'54"
- ✓ Longitud Oeste: 70° 22' 03" del Meridiano de Greenwich.

Lampa, se encuentra al pie del cerro calvario, en las proximidades de la capital, comprendiendo así la cadena occidental de la cordillera de los Andes están ubicados los picos tutelares Pilinco Coachico y Pirhuani. Posee una flora muy diversificada donde predominan los queñuales y pajonales donde se desarrolla una flora muy variada, flanqueada por las lagunas Pucacocha y Livichaco.

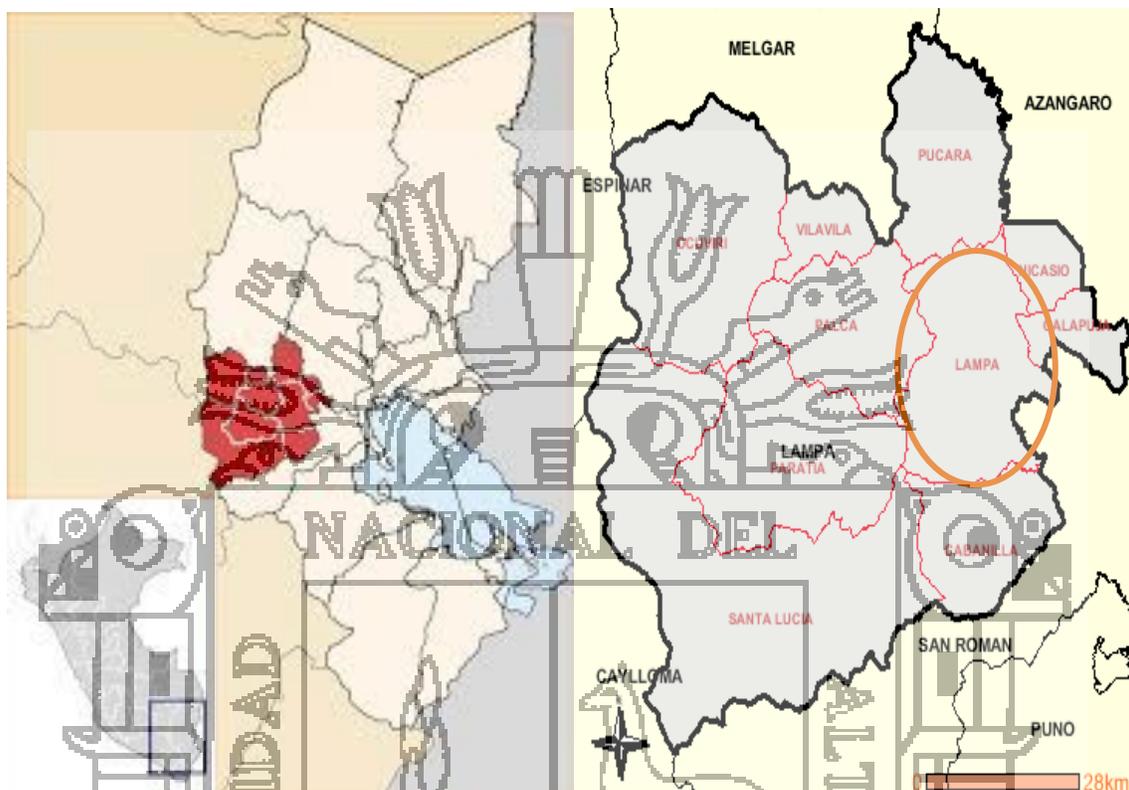
En cuanto las características de la ciudad de Lampa debemos manifestar que, tiene una superficie aproximada de 675.82 km<sup>2</sup>. Representando el 11.6% del territorio de la provincia de Lampa. En cuanto al clima en invierno, es frígido con heladas intensas, durante los meses de mayo, junio, julio y agosto, en este último con fuertes vientos; en primavera, es suave y templado, durante los meses de setiembre, octubre y noviembre; en el resto del año de enero a abril, es lluviosos con granizadas y nevadas.

Lampa, constituye un conjunto de belleza telúrica, de atracción ecológica, de panorama grandioso, de riqueza histórica, de acervo cultural.

En la siguiente ilustración se aprecia la localización general de Lampa:



**FIGURA N° 09:  
LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA DE LA CIUDAD DE LAMPA**



Fuente: Banco de Información Distrital – INEI.

#### 4.2. ASPECTOS DEMOGRÁFICOS

Según el Censo Nacional de Población y Vivienda de 2007 es el distrito de Lampa tiene 11,349 habitantes<sup>7</sup>, de los cuales 5,407 es la población masculina representando el 47.73% y 5,922 es la población femenina lo que significa el 52.27%, según esta información podemos observar que existe más mujeres que varones.

<sup>7</sup> INEI, Estadísticas de Población Censos 2007.

**TABLA N° 05:**  
**POBLACIÓN POR ZONA Y SEXO DEL DISTRITO DE LAMPA**  
**(En número de personas)**

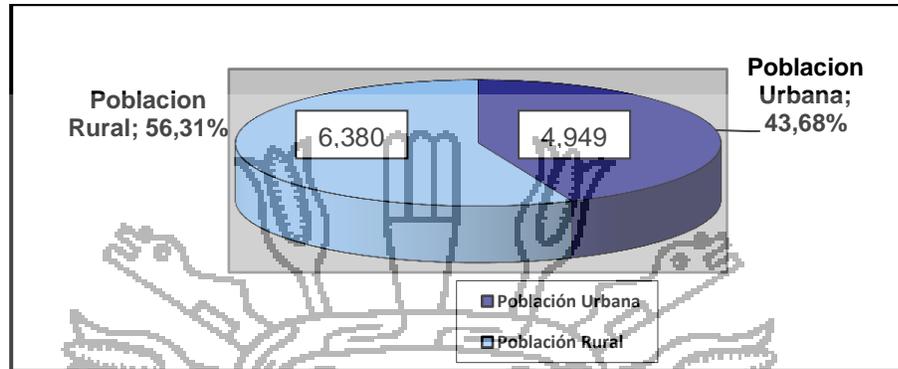
Categoría	Urbana		Rural		Total	
	Nº	%	Nº	%	Nº	%
Hombre	2374	20,95	3033	26,77	5,407	47.73
Mujer	2575	22,73	3347	29,54	5,922	52.27
<b>TOTAL</b>	<b>4949</b>	<b>43,68</b>	<b>6380</b>	<b>56,31</b>	<b>11,329</b>	<b>100,00</b>

Fuente: Censo Nacional de Población y vivienda 2007-INEI

La población urbana representa el 43,68% del total distrital ascendiendo a 4,949 habitantes, en cambio la población rural es 6,380 habitantes lo que representa el 56,31% de la población total, cabe resaltar que dentro de la población urbana, la población femenina es mayor que la población masculina.

En el caso de la población rural sucede del mismo modo, es decir la población femenina es más que la población masculina siendo en este caso 3,347 y 3,033 respectivamente.

**FIGURA N° 10:**  
**POBLACIÓN POR ÁREA URBANO Y RURAL DEL DISTRITO DE LAMPA - 2007**



Fuente: Censo Nacional de Población y Vivienda 2007-INEI



## CAPITULO V EXPOSICIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

### Objetivo 1: Caracterización de los residuos sólidos

Según la investigación realizada, el municipio de Lampa cuenta con información sobre caracterización de residuos sólidos, la última enviada fue realizada en el 2013<sup>8</sup>, la misma fue obtenida a través de una muestra de 88 viviendas, asimismo, se obtuvo una generación per cápita de residuos sólidos municipales de 0.15 Kg./hab./día y la de residuos sólidos domiciliarios de 0.36 kg./hab./día, en contraste con el presente estudio, esta última es de 0.41 kg/hab./día.

Por otro lado, la densidad promedio de los residuos sólidos domiciliarios compactados es de 848.22 Kg/m<sup>3</sup> y sin compactar es de 174.49 Kg/m<sup>3</sup>, con una humedad de 30.65%. La composición de los residuos sólidos se muestra en el siguiente gráfico.

---

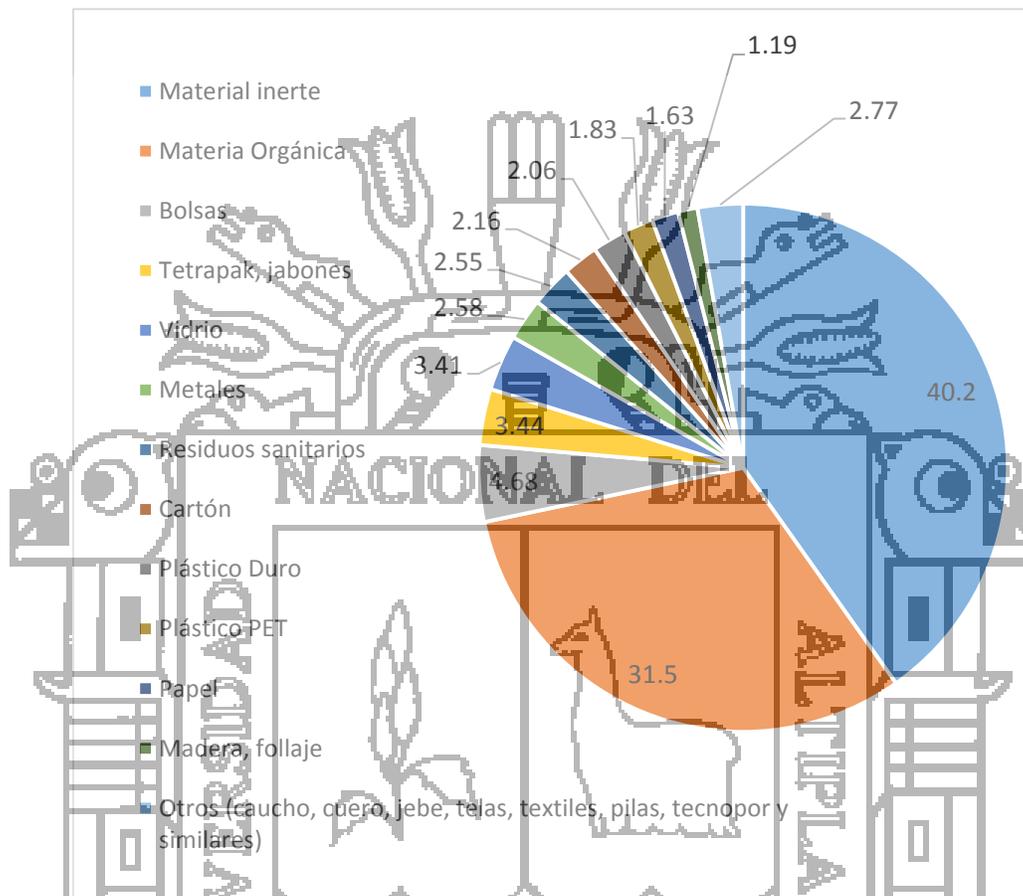
<sup>8</sup> Sistema de Información para la Gestión de Residuos Sólidos (SIGERSOL).

**TABLA N° 06**  
**COMPOSICIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS DOMICILIARIOS**  
**(En porcentajes)**

Concepto	%
Material inerte	40.2
Materia Orgánica	31.5
Bolsas	4.68
Tetrapak, jabones	3.44
Vidrio	3.41
Metales	2.58
Residuos sanitarios	2.55
Cartón	2.16
Plástico Duro	2.06
Plástico PET	1.83
Papel	1.63
Madera, follaje	1.19
Otros (caucho, cuero, jebe, telas, textiles, pilas, tecnopor y similares)	2.77
Total	100

Fuente: Sistema de Información para la  
Gestión de Residuos Sólidos – 2013

**FIGURA N° 11**  
**COMPOSICIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS DOMICILIARIOS**  
**(En porcentaje)**



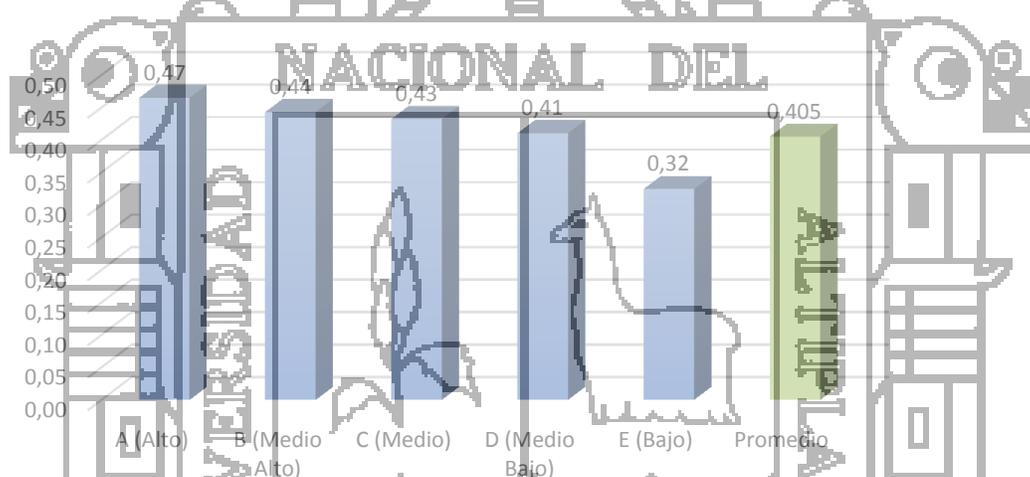
Fuente: Sistema de información para la gestión de residuos sólidos – 2013.

En contraste con la primera hipótesis, sobre el 60% de residuos sólidos aprovechables, los resultados de lo que se puede aprovechar (materia orgánica, cartón, plástico PET, metales, papel y tetrapack) es de 43.1%, apenas un 12% de materiales se pueden reciclar, según afirmaciones de personas de la ciudad de Lampa, vienen recicladores de otras ciudades por lo menos 1 vez por semana, principalmente de botellas de plástico (PET) y metales, que en este caso es un

mínimo 4.31%. Asimismo respecto a los residuos sólidos orgánicos, las personas reciclan una gran parte como alimento para animales menores domésticos.

Por otro lado el material inerte tiene una alta composición 40.2%, esta es principalmente materiales que no se pueden reciclar, restos de huesos, tierra, etc.

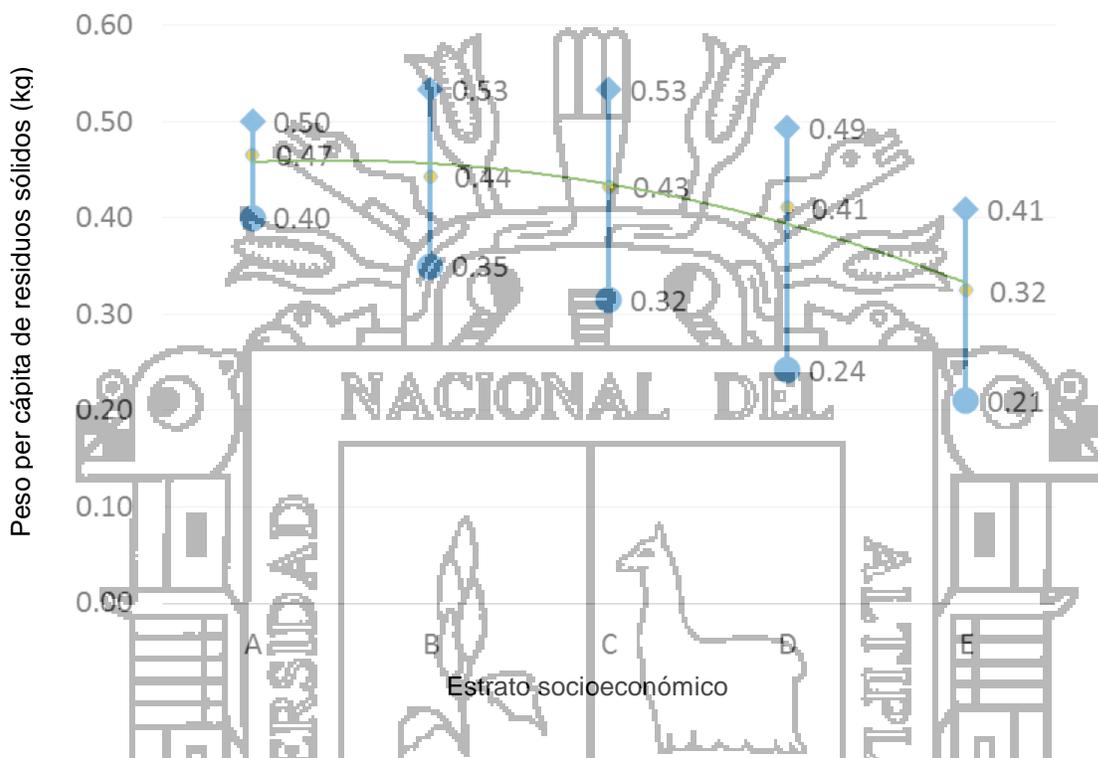
**FIGURA N° 12**  
**PRODUCCIÓN MEDIA DE RESIDUOS SÓLIDOS PER CÁPITA**  
(En kg./hab./día)



Fuente: Elaboración propia

La producción de residuos sólidos varía de acuerdo a los niveles de estrato, sin embargo las diferencias son poco significativas.

**FIGURA N° 13:**  
**PRODUCCIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS POR ESTRATOS, MÁXIMOS,**  
**MÍNIMOS Y PROMEDIOS**  
**(En kg./hab./día)**



Fuente: Elaboración propia

La figura 12, nos muestra los límites máximos y mínimos de la producción de residuos sólidos en términos per-cápita, también se ve la media para cada estrato, es decir, en el estrato A una persona produce en promedio 0.47 kg de residuos diariamente, mientras que en el estrato E una persona produce 0.32 kg por día en promedio, según la muestra realizada.

## Objetivo 2: Relación entre algunas variables socio-económicas y la producción per cápita de residuos sólidos

Se realizó como primer paso, la correlación entre las variables producción de residuos sólidos, ingreso familiar, consumo de energía eléctrica, nivel de educación, edad de jefe de familia y si tuvo educación ambiental.

**TABLA N° 07:**  
**MATRIZ DE CORRELACIÓN ENTRE LAS VARIABLES SOCIOECONÓMICAS Y LA PRODUCCIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS DOMÉSTICOS – 2013**  
(Porcentaje)

	rsp	yp	cep	edad	edu	amb
rsp	1.0000					
yp	0.7124	1.0000				
cep	0.5609	0.7543	1.0000			
edad	-0.0108	0.2126	0.1869	1.0000		
edu	0.3231	0.3085	0.3761	0.0856	1.0000	
amb	0.2586	0.5110	0.3845	0.3140	0.2633	1.0000

Fuente: Elaboración propia

**Pruebas de hipótesis:** generación per cápita de residuos sólidos y en nivel de ingreso ( $r=0.7124$ )

Paso 1: Planteamiento de hipótesis

$$H_0: \rho = 0$$

$$H_1: \rho \neq 0$$

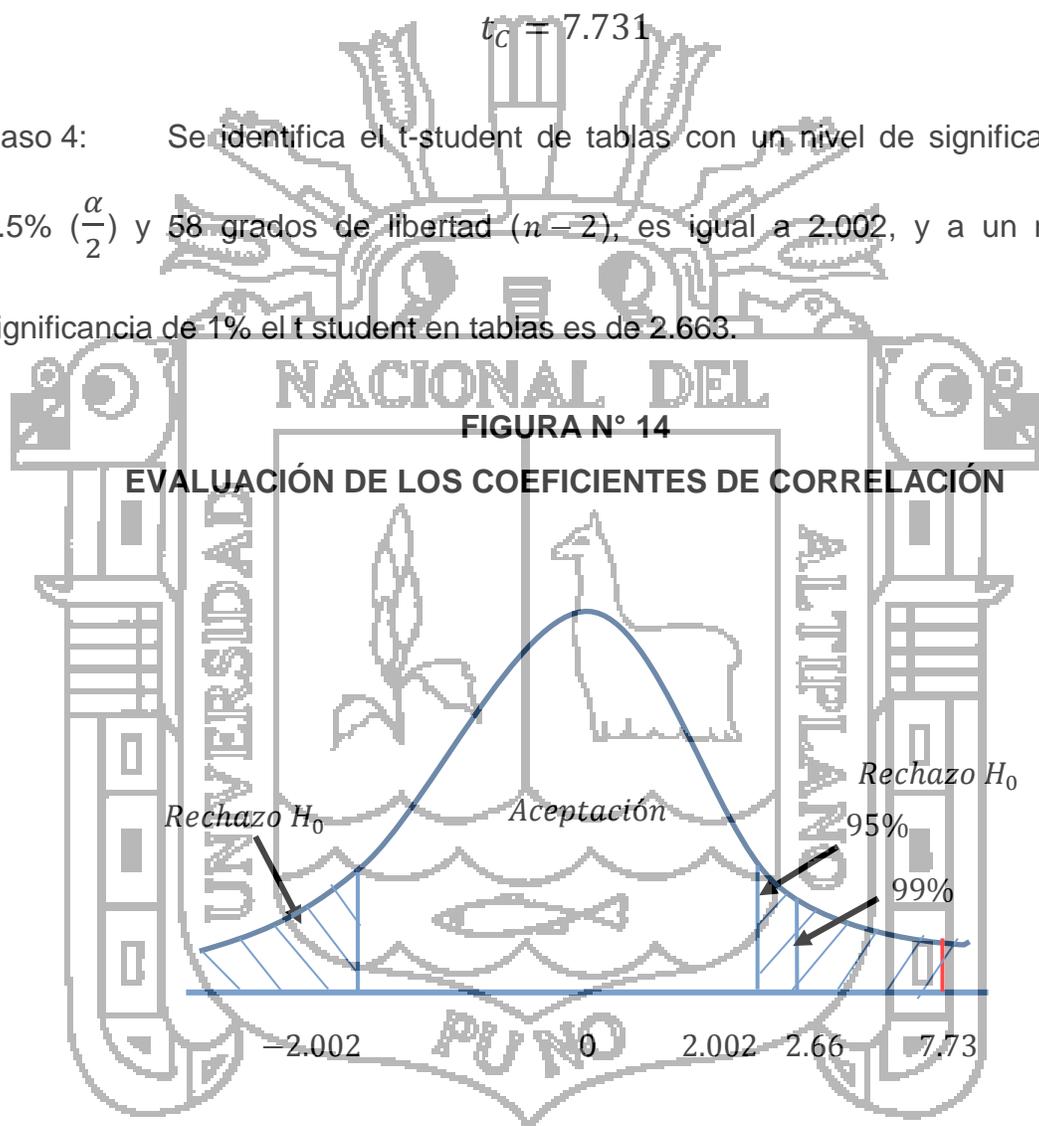
Paso 2: Para  $\alpha = 5\%$  y  $\alpha = 1\%$

Paso 3:  $\theta = 0, r = 0.7124$  coeficiente de correlación lineal muestral

$$t_c = \frac{(0.7124\sqrt{60-2}) - 0}{\sqrt{1-0.7124^2}} \sim t_{\frac{\alpha}{2}, n-2}$$

$$t_c = 7.731$$

Paso 4: Se identifica el t-student de tablas con un nivel de significancia de 2.5% ( $\frac{\alpha}{2}$ ) y 58 grados de libertad ( $n-2$ ), es igual a 2.002, y a un nivel de significancia de 1% el t student en tablas es de 2.663.



Paso 5: En este caso al 95% y 99% se rechaza la hipótesis nula (coeficiente de correlación lineal es igual a cero), debido a que t-calculado (7.73) es mayor al t en tablas (al 95% de confianza =>2.002 y 99% de confianza => 2.663). Por lo

tanto se acepta la hipótesis alterna (el coeficiente de correlación lineal es diferente de cero).

Este coeficiente pasó la formalidad estadística de prueba de hipótesis al 95% y al 99%, entonces nivel de ingreso per cápita tiene una relación positiva con la producción de residuos sólidos, es decir, a mayor nivel de ingresos mayor producción de residuos sólidos domésticos, con una magnitud de 0.7124.

**TABLA N° 08:**  
**VALIDACIÓN DE LAS PRUEBAS DE HIPÓTESIS.**

N°	Relación	Valor p	Tc (θ=0)	Tc (θ=1)	t (α/2=0.025%,58)	t (α/2=0.005%,58)	Resultado
1	rsp => yp	0.712	7.731	6.306	2.002	2.66	Significativo***
2	rsp => cep	0.561	5.160	3.952	2.002	2.66	Significativo***
3	yp => cep	0.754	8.750	7.227	2.002	2.66	Significativo***
4	yp => amb	0.511	4.527	3.364	2.002	2.66	Significativo***
5	rsp => edu	0.323	2.600	1.543	2.002	2.66	Significativo**/1
6	rsp => amb	0.259	2.039	1.004	2.002	2.66	Significativo**/1
7	edu => cep	0.376	3.091	2.012	2.002	2.66	Significativo**/1

\*\*\* p > 0.01%, \*\* p > 0.05%

/1 Con el parámetro poblacional (θ=1).

Fuente: Elaboración propia.

Para el coeficiente de correlación N° 2, este coeficiente pasó la formalidad estadística de prueba de hipótesis al 95% y al 99%, el que este coeficiente sea positivo, indica que a mayor consumo de energía eléctrica se presenta una mayor generación de residuos sólidos, esto debido a que la tenencia de varios artefactos necesitan recursos y por ende mayor desperdicio, como el caso de una lavadora mayor consumo de detergente, una refrigeradora hace que las personas compren

más bienes percibibles y de rápido consumo ya que lo pueden tener disponibles por más tiempo, al tener a disponible más bienes de consumo las personas consumen más en comparación a uno que no tiene dicho artefacto, un reproductor de video (DVD) hace que compres mayor cantidad de DVD's para reproducirlos mientras que uno no lo tiene.

Para el coeficiente de correlación N° 3, el coeficiente pasó la formalidad estadística de prueba de hipótesis al 95% y al 99%, el que este coeficiente sea positivo, indica que un mayor nivel de ingresos causa que se incremente el nivel de consumo de energía eléctrica, debido a que alguien que tiene más ingresos tiene mayor número de artefactos en casa, como la refrigeradora, lavadoras, microondas, etc., dado que estas variables rechazan la hipótesis nula de incorrelación, al ser incluírlas en un solo modelo para explicar la producción de residuos sólidos van a generar multicolinealidad esto aumentará la probabilidad de cometer el error de tipo II, es decir, que acepte la  $H_0$  no siendo verdadera. Por consiguiente el modelo no tiene validez para realizar pruebas de relevancia.

En cuanto al coeficiente de correlación N°4 podemos decir que tiene una relación directa con la educación ambiental impartida por el municipio, según los comentarios de la población, estos cursos fueron impartidos en familias que viven en el cercado de la ciudad, es decir familias que viven más tiempo en la misma, esta ubicación ventajosa hace que las personas tengan un mayores posibilidades de crear negocios y por ende tengan mayores recursos económicos.

Evaluando el coeficiente de correlación entre el nivel educativo y el consumo de energía eléctrica, se puede interpretar lo siguiente; las personas que

mayor nivel educativo tienen, organizan mejor su forma de vida y tienen mayores ingresos ello les lleva a usar bienes que les hagan más fáciles diversas tareas, como el caso de artefactos electrodomésticos, que facilitan mucho las labores en casa.

Para explicar la producción de residuos sólidos se elaboró los modelos planteados en la tabla N° 09, según nuestro marco teórico de la curva ambiental de Kuznets.

**TABLA N° 09:**  
**REGRESIÓN ENTRE LA PRODUCCIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS DOMÉSTICOS Y ALGUNAS VARIABLES SOCIOECONÓMICAS**

Variable	Producción per cápita de residuos sólidos				
	m1	m2	m3	m4	m5
yp	0.001318 1.44*	0.001035 3.94***	0.001051 4.67***	0.001092 4.98***	0.001134 5.19***
yp2	-1.50E-06 -0.69	-7.50E-07 -2.63***	-7.80E-07 -3.07***	-8.20E-07 -3.25***	-8.80E-07 -3.54***
yp3	5.40E-10 0.34				
cep	0.002 0.38				
edu	0.005305 0.77	0.005724 0.88	0.005152 0.84		
edad	-0.000826 -1.15	-0.000823 -1.17	-0.000929 -1.37*	-0.000899 -1.33*	
amb	-0.013645 -0.61	-0.015128 -0.70			
viv	-0.000125 -0.01	0.000458 0.06			
_cons	0.116039 0.95	0.159013 2.85***	0.163219 3.05***	0.165273 3.10***	0.123889 2.83***
r2	0.619	0.617	0.614	0.609	0.596
r2_a	0.559	0.574	0.586	0.588	0.582
F	10.352	14.2522	21.8562	29.0586	42.1288
N	60	60	60	60	60

Leyenda: b/t

\* p<.20; \*\* p<.10; \*\*\* p<.05

Fuente: Elaboración propia.

La interpretación es la siguiente:

- la producción mínima de una persona de residuos sólidos diarios es de 0.12 kg por día, explicada por la constante.
- Un incremento de 10% en los ingresos de una persona que tiene como ingreso per cápita 300 nuevos soles, incrementará su producción de residuos sólidos per cápita en 0.02 kg/día y 0.52kg al mes (de 11.5 kg a 12.5 kg mensuales).
- Un incremento de 10% en los ingresos de una persona que tiene como ingreso per cápita 700 nuevos soles, reducirá su generación de residuos sólidos per cápita en 0.01 kg/día y 0.34 kg al mes (de 14.6 kg a 14.3 kg mensuales).

#### Prueba de significancia individual de los parámetros:

Prueba de hipótesis (significancia individual de los parámetros)

$H_0$ : Parámetros no significativos

$$\alpha_0 = \alpha_1 = \alpha_2 = \alpha_3 = \alpha_4 = \alpha_5 = \alpha_6 = \alpha_7 = \alpha_8 = 0$$

$H_1$ : Parámetros significativos

$$\alpha_0 \neq \alpha_1 \neq \alpha_2 \neq \alpha_3 \neq \alpha_4 \neq \alpha_5 \neq \alpha_6 \neq \alpha_7 \neq \alpha_8 \neq 0$$

Se estima el  $F(1,51)$  calculado para los parámetros de cada variable, como sigue en el siguiente cuadro.

**TABLA N° 10:**  
**RESUMEN DE LA PRUEBA DE SIGNIFICANCIA INDIVIDUAL DE LOS**  
**PARÁMETROS**

H0	F(1,51)	Prob > F
_cons = 0	0.900	0.347
yp = 0	2.080	0.155
yp2 = 0	0.470	0.495
yp3 = 0	0.120	0.733
edu = 0	0.600	0.444
edad = 0	1.330	0.255
amb = 0	0.370	0.545
viv = 0	0.000	0.989
cep = 0	0.110	0.745

Fuente: Elaboración propia

De los valores F calculados para los coeficientes de las variables, de manera individual en la primera regresión las variables no son significativas individualmente para explicar la producción de residuos sólidos per cápita. Por lo tanto se realiza la eliminación de variables de las más insignificativas a las más significativas, a través del estadístico (t) y a la probabilidad (p).

El modelo tiene como variable dependiente a la producción de residuos sólidos domésticos per cápita, en el primer modelo se presentó el problema de multicolinealidad entre el ingreso per cápita (YP), el consumo de energía per cápita (CEP) y el nivel de educación del jefe de hogar (EDU), es por ello que se tomó la variable más significativa solo el nivel de ingreso familiar per cápita. Por

otro lado las variables como vivienda y la educación ambiental impartida a la población no tienen un alto grado de significancia.

### Prueba de heteroscedasticidad:

#### Test de White

En estadística la prueba de White es la prueba más general para detectar la heteroscedasticidad en los modelos de regresión lineal. No precisa de una especificación concreta de la heteroscedasticidad bajo la alternativa.

Planteamos la ecuación lineal m4:

$$RSP_i = \beta_0 + \beta_1 * YP_i + \beta_2 * YP_i^2 + \varepsilon_i$$

Planteamos la siguiente forma para detectar el problema de heteroscedasticidad:

$$\varepsilon_i^2 = \beta_0 + \beta_1 * YP_i + \beta_2 * YP_i^2 + \beta_3 * YP_i^4 + \beta_4 * YP_i^2 + \beta_5 * YP_i * YP_i^2 + v_i$$

Planteamos la prueba de hipótesis

$$H_0: \beta_0 = \beta_1 = \beta_2 = \beta_3 = \beta_4 = \beta_5 = 0 \quad \text{No hay heteroscedasticidad}$$

$$H_1: \beta_0 \neq \beta_1 \neq \beta_2 \neq \beta_3 \neq \beta_4 \neq \beta_5 \neq 0 \quad \text{Si hay heteroscedasticidad}$$

Se estima la ecuación de la prueba de White

**TABLA N° 11:  
PRUEBA DE WHITE**

```
. reg resfirst2 yp yp2 yp22 yp_yp2
```

Source	SS	df	MS	Number of obs = 60		
Model	.380079563	4	.095019891	F( 4, 55) =	0.47	
Residual	11.0443492	55	.20080635	Prob > F =	0.7552	
Total	11.4244288	59	.193634386	R-squared =	0.0333	
				Adj R-squared =	-0.0370	
				Root MSE =	.44811	

resfirst2	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
yp	.0264186	.0234568	1.13	0.265	-.0205898	.0734271
yp2	-.0001065	.0000909	-1.17	0.246	-.0002887	.0000756
yp22	-1.00e-10	8.16e-11	-1.23	0.225	-2.64e-10	6.35e-11
yp_yp2	1.76e-07	1.45e-07	1.21	0.232	-1.16e-07	4.67e-07
_cons	-1.909744	2.101488	-0.91	0.367	-6.12122	2.301733

Fuente: Elaboración propia.

La prueba de significancia individual de los parámetros, a través del estadístico F- calculado para cada variable, acepta la hipótesis nula de homocedasticidad porque las variables de la regresión no son significativas.

**TABLA N° 12:  
TEST DE WHITE PARA DETECCIÓN DE HETEROSCEDASTICIDAD**

```
. imtest, white
```

White's test for Ho: homoskedasticity	
against Ha: unrestricted heteroskedasticity	
chi2(4)	= 3.84
Prob > chi2	= 0.4278

Fuente: Elaboración propia.

Resumen de las principales pruebas de las regresiones 4 y 5, se encuentran en la siguiente tabla.

**TABLA N° 13:**

**TABLA RESUMEN DE PRUEBAS DEL MODELO 4 Y 5**

Test	Prueba	Valor	Prueba	Valor
<b>Pruebas de Heteroscedasticidad</b>				
<b>White</b>		<b>M4</b>		<b>M5</b>
H0: Homocedasticidad	chi2 (8)	6.02	chi2 (4)	3.84
H1: Heterocedasticidad	Prob>chi2	0.65	Prob>chi2	0.42
<b>Breusch-Pagan / Cook - Weisberg</b>				
H0: Varianza constante	chi2 (1)	2.64	chi2 (1)	3.5
	Prob>chi2	0.10	Prob>chi2	0.06
<b>Pruebas de significancia de parámetros</b>				
<b>Test de Wald</b>				
H0: Variables no significativas	F(4,56)	996.38	F(3,57)	1310.1
$c(0)=c(1)=c(2)=c(3)=0$	Prob>chi2	0.00	Prob>chi2	0.00
<b>Prueba de variables omitidas</b>				
<b>Ramsey RESET</b>				
H0: modelo no tiene variables c	F(3,53)	2.05	F(3,54)	2.05
	Prob>F	0.12	Prob>F	0.12

Fuente: Elaboración propia.

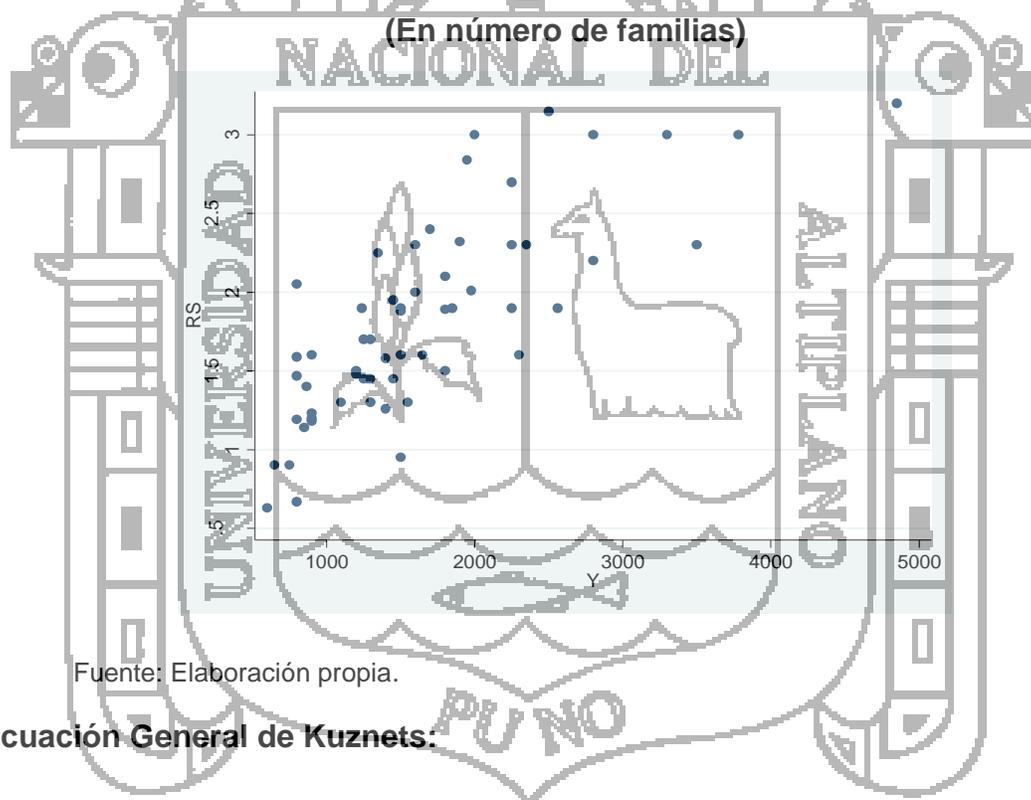
El modelo 4 y 5 del resumen anterior, pasaron la prueba de heteroscedasticidad, porque la  $p > 0.05$ , en ambos casos.

El Test de los parámetros del modelo, es una prueba que ayuda a ver una correcta especificación del modelo, se rechaza la hipótesis nula ( $p < 0.01$ ) de que los parámetros sean iguales a 0.

La prueba de Ramsey RESET, asume como hipótesis nula la no omisión de variables, con una  $p > 0.05$ , no se puede rechazar la  $H_0$ . Por lo tanto ambos modelos pasan las principales pruebas de rigor.

La relación que existe la generación de residuos sólidos domésticos y la producción de residuos sólidos, es positiva como se muestra en la figura N° 13.

**FIGURA N° 15:**  
**RELACIÓN ENTRE LA GENERACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS (RS) Y EL**  
**INGRESO BRUTO FAMILIAR (Y)**  
**(En número de familias)**



Fuente: Elaboración propia.

**Ecuación General de Kuznets:**

$$RSP = 0.124 + 0.001134 * YP_i - 0.00000088 * YP_i^2 + U_i$$

(5.19)                      (-3.54)

**FIGURA N° 16:**  
**CURVA AMBIENTAL DE KUZNETS, RELACIÓN ENTRE INGRESOS Y RESIDUOS SÓLIDOS**  
**(En términos per cápita)**



Fuente: Elaboración propia.

Proceso de cálculo del punto de inflexión de la producción per cápita de residuos sólidos domésticos.

**Ecuación de la regresión final (M5)**

Variable	Valor
RSP	= 1
C	0.124
Y	0.001134
Y <sup>2</sup>	-8.80E-07

Realizando los cálculos para estimar un punto de inflexión (primera derivada) como lo sugiere Kuznets de una U invertida entre estas variables, a partir de un ingreso anual S/. 7 731.82 por habitante, la producción de residuos sólidos podría reducirse, sin embargo, haciendo una comparación con el PIB per

cápita<sup>9</sup> se encuentra muy por debajo de S/. 19 979 al año, cabe resaltar que esta es una variable proxy, debido que en la regresión solo se considera remuneraciones percibidas.

### Condición de optimización

Variable	Valor
RSP	= 0
Y	0.001134
Y^2	-2E-06
YP	644.318 S./hab./mes
	7,731.82 S./hab./año

### **Objetivo 3: Propuesta de un sistema para minimizar la producción de residuos domiciliarios**

Un requisito imprescindible cuando se abordan los problemas ambientales es enfocarlos desde una perspectiva ínter - disciplinaria. Esto es conocido y aceptado, pero no siempre se entiende que este enfoque deba incluir también a la política. Sin embargo los problemas ambientales conciernen a varias ciencias, pero a la vez son problemas de la sociedad, por lo tanto involucran decisiones políticas controvertidas y complejas (Duran, Behnfeld & Hartwig (Consultor GTZ), 1997).

Actualmente el manejo de residuos sólidos en la ciudad de Lampa ha sido abordado en la etapa post-generación, limitándose un lugar para la disposición para evitar molestias a la población, la misma que se puede ver en casi todas las municipalidades del Perú, es decir, es más reactiva que preventiva.

<sup>9</sup> Para el 2013 el PBI per cápita es de S/. 19 979 al año.

Actualmente los enfoques de gestión integral de los residuos, establecen la necesidad de intervenir antes y después de la generación de residuos, es decir aplicando el principio preventivo, la misma fue recomendada por las autoridades (Uribe B., 2014), por ello el sistema de minimización de residuos sólidos es la siguiente:

**TABLA N° 14:**  
**COMPONENTES DE LA MINIMIZACIÓN DE LA GENERACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS**

/ Reducir Re- utilizar	/ Reciclar Tratar	/ Disponer
Evitar la generación de residuos, mediante buenas prácticas, sustitución de materiales, modificaciones en la presentación de productos.	Reducir la cantidad de residuos re usándolos o reciclándolos, mediante compostaje, o tratamientos físicoquímicos o biológicos.	Como última opción disponer los residuos en relleno sanitario

Fuente: Adaptado de DAOM: "Diagnóstico Ambiental de Oportunidades de Minimización". España, 2000

Los Programas estratégicos a implementar en el contexto descrito:

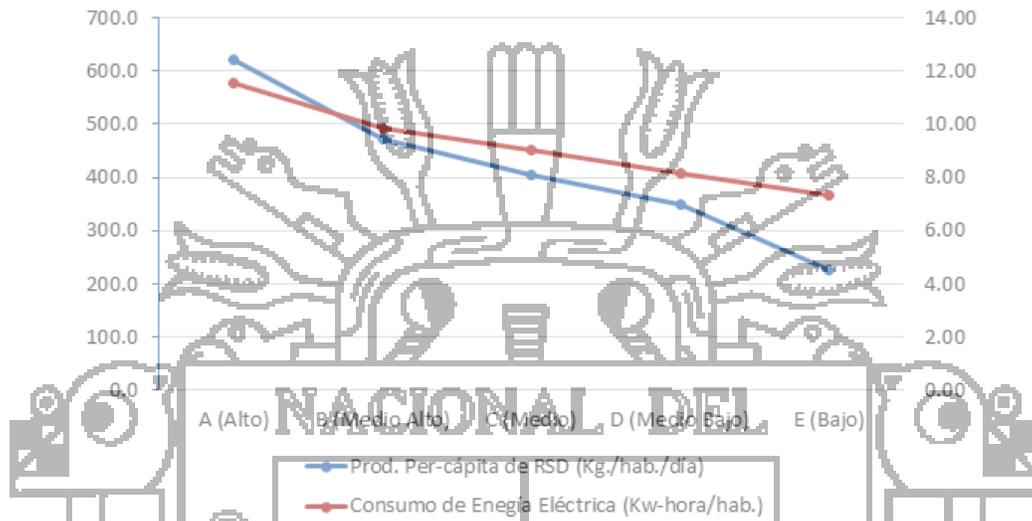
- Programa: **Educación Ambiental**, que estará orientado principalmente a formar conciencia preventiva en los habitantes que permita modificar sus hábitos de consumo de bienes y servicios, respecto a las buenas prácticas para minimizar la producción per cápita de RSD compatibles con la calidad ambiental.

- Programa: **Tarificación Diferenciada** por el servicio de aseo, es un instrumento económico, basado en el principio: “Quien contamina más paga más”, mediante las tarifas diferenciadas se evitarán los subsidios cruzados.
- Programa: **Gestión de Envases**, consiste en una serie de incentivos y sanciones tributarios dirigidos a los productores, intermediarios y consumidores, para evitar el uso de envases no retornables (desechables).

### **Sistema tarifario propuesto bajo el principio de “Quien más contamina paga más”**

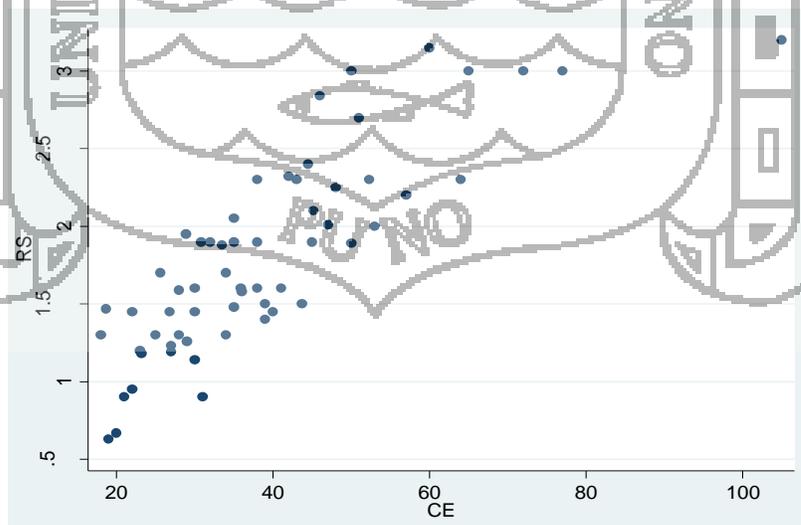
La ecuación de la curva de Kuznets, en la que se evidenció que el incremento en el nivel de ingreso también se incrementa el nivel de consumo de energía eléctrica, además se evidenció que ambas tienen una alta correlación, dado que esta última es verificable puede considerarse como una variable proxy, en el cálculo de una tarifa.

**FIGURA N° 17:**  
**RELACIÓN ENTRE LA PRODUCCIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS DOMÉSTICOS Y EL CONSUMO ENERGÍA ELÉCTRICA**  
**(En términos per cápita)**



Fuente: Elaboración propia

**FIGURA N° 18:**  
**RELACIÓN ENTRE LA PRODUCCIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS (RS) Y CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA (CE)**  
**(En número de viviendas)**



Fuente: Elaboración propia

La tarifa debe implementarse en términos de viviendas porque las viviendas son los que van a pagar una tarifa (es una variable proxy de los medidores de luz), y no de manera per cápita es por ello que la regresión se estima en generación de residuos sólidos domésticos (RS, producción diaria en kg) y el consumo de energía eléctrica (CE, en Kw-h/vivienda/mes).

**TABLA N° 15:**  
**REGRESIÓN ENTRE LA PRODUCCIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS DOMÉSTICOS CONTRA EL CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA**  
**(A nivel de vivienda)**

Variable	Producción de residuos sólidos (vivienda)		
	m1	m2	m3
ce	0.0158		
	0.39		
ce2	5.6E-04	9.3E-04	9.2E-04
	0.73	8.25***	8.26***
ce3	-4.5E-06	-6.8E-06	-6.7E-06
	-1.04	-5.94***	-5.92***
edad	-0.003	-0.004	
	-0.56	-0.780	
edu	0.039		
	0.72		
_cons	0.646	0.955	0.827
	0.98	4.92***	7.98***
r2	0.73	0.73	0.73
r2_a	0.71	0.71	0.72
F	29.73	50.16	75.46

Leyenda: b/t \* p<.1; \*\* p<.05; \*\*\* p<.01

Fuente: Elaboración propia

En el modelo 3, un incremento de 1kwh en el consumo mensual de energía eléctrica para una vivienda que consume 40 kwh/mes, genera un incremento de 0.04 kg en la generación de residuos sólidos de la vivienda.

En cambio para una persona que consume al mes 95 kwh, reduce un 0.01 kg la producción de residuos sólidos de la vivienda.

**TABLA N° 16**  
**RESUMEN DE LAS PRUEBAS DE LA REGRESIÓN ENTRE RESIDUOS**  
**SÓLIDOS Y CONSUMO DE ENERGÍA**

Test	Prueba	Valor
<b>Pruebas de Heteroscedasticidad</b>		
<b>White</b>		<b>M4</b>
H0: Homocedasticidad	chi2 (5)	7.07
H1: Heterocedasticidad	Prob>chi2	0.22
<b>Breusch-Pagan / Cook - Weisberg</b>		
H0: Varianza constante	chi2 (1)	0.34
	Prob>chi2	0.56
<b>Pruebas de significancia de parámetros</b>		
<b>Test de Wald</b>		
H0: Variables no significativas	F(3,57)	632.78
$c(0)=c(1)=c(2)=c(3)=0$	Prob>chi2	0.00
<b>Prueba de variables omitidas</b>		
<b>Ramsey RESET</b>		
H0: modelo no tiene variables omitidas	F(3,53)	0.26
	Prob>F	0.86

Fuente: Elaboración propia.

- No se evidencia heteroscedasticidad ni con el test de White y Breusch Pagan, porque no se puede rechazar la hipótesis nula.

- La significancia de los coeficientes de las variables es alta, debido a que se rechaza la  $H_0$ , en la que las variables no sean significativas.
- Las variables se encuentran bien especificadas, debido a que no se puede rechazar la hipótesis nula.

La regresión incorpora una forma polinomial, con altos niveles de significancia individual (t), tomando en cuenta la última ecuación quedaría de la siguiente forma:

Ecuación entre la producción de residuos sólidos y el consumo de energía eléctrica por vivienda:

$$rs = 0.827392 + 0.000916 * ce^2 - (6.70E - 06) * ce^3 + u....(4)$$

(7.978)
(8.257)
(-5.92)

Donde:

$rs$  : Producción diaria de residuos sólidos domiciliarios por vivienda (kg./día/vivienda).

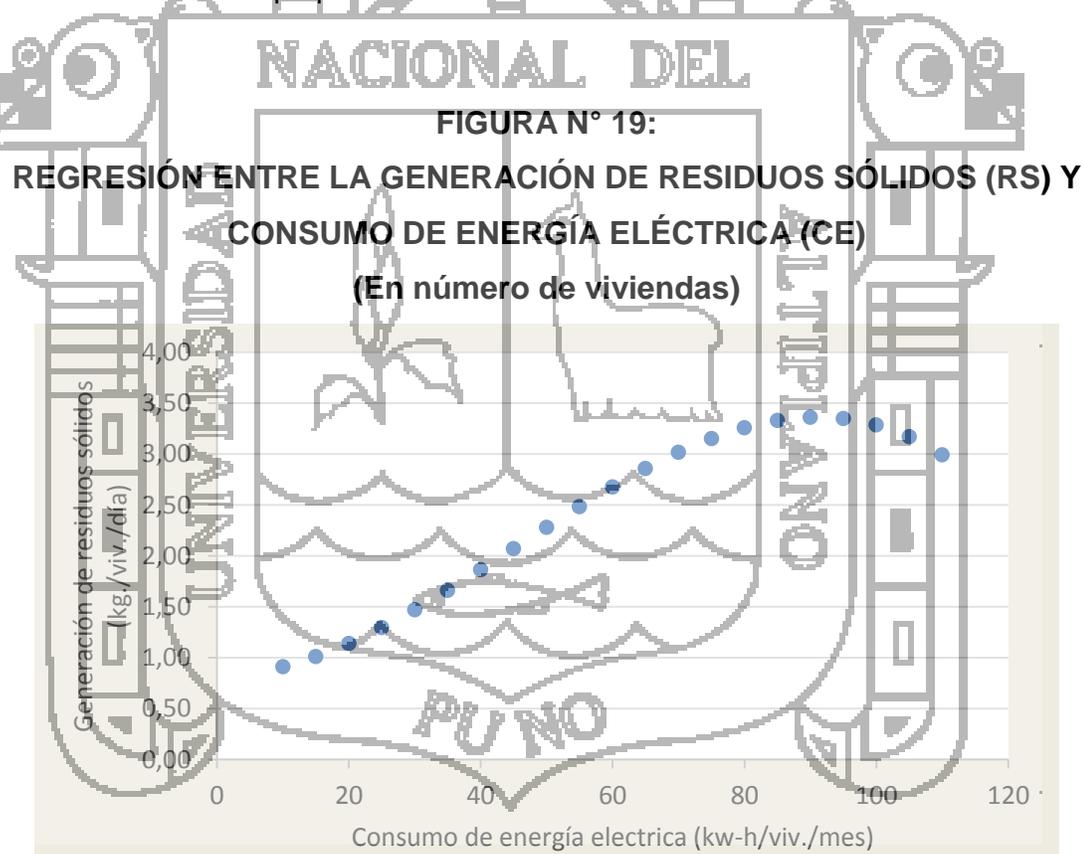
$ce$  : Consumo mensual de energía eléctrica por vivienda (Kwh/mes/vivienda)

Según la regresión, tiene una forma creciente en una primera parte, y en una segunda tiene una decreciente, es decir tiene forma de U invertida, lo que hizo posible hallar un punto de equilibrio.

**TABLA N° 17**  
**CÁLCULO DEL PUNTO DE EQUILIBRIO DE CONSUMO DE ENERGIA**  
**ELECTRICA – CURVA AMBIENTAL DE KUZNETS**  
**(A nivel de vivienda)**

RS (Residuos sólidos por vivienda)	Parámetros
C (constante)	0.8274
CCE <sup>2</sup> (Consumo de energía)	0.00092
CCE <sup>3</sup>	-0.00001
Consumo de equilibrio (punto de inflexión)	91.14 Kw-h/vivienda/mes

Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia.

En la actualidad no se tiene ningún tipo de cobro por concepto de limpieza pública, recojo, transporte o disposición de los residuos sólidos, según

SIGERSOL la Municipalidad Provincial de Lampa declaró que se tuvo un gasto de S/. 135,000 por el concepto de limpieza pública, aproximadamente el 30% son gastos fijos (costo de aseo de calles y parques, mantenimiento de vehículos, alquiler de equipos y servicios básicos) y el 70% gastos variables (sueldos de personal, combustible, costos de disposición de residuos y costos operativos).

Entonces la tarifa por servicio de limpieza para la vivienda “i” es representada como sigue:

$$Ti = K_1 + K_2 \dots \dots \dots (5)$$

Donde:

- $Ti$  : Tarifa de aseo de la vivienda “i” en nuevos soles (S./mes).
- $K_1$  : Costo fijo de aseo para la vivienda “i” en nuevos soles (S./ mes).
- $K_2$  : Costo variable de aseo para la vivienda “i” en nuevos soles (S./mes).

Adicionalmente,  $K_2 = \frac{Q_1}{V}$ ; y  $K_2 = Q_2 * \frac{RSD_i}{RSD_r}$ .

Donde:

- $V$  : Total de viviendas (variable)
- $Q_1$  : Costo total fijo del servicio de aseo de la municipalidad (S./mes)
- $Q_2$  : Costo total variable del servicio de aseo de la municipalidad (S./mes)

- $RSD_r$  : Residuos recogidos y transportados al botadero (kg/año)
- $RSD_v$  : PPV\*1000, Residuos sólidos domiciliarios de la vivienda “i” (kg./ día/ vivienda).

$PPV : f(CEv)$  definida en la ecuación 4.

Según las ecuaciones anteriores, se presenta un ejemplo de ese cálculo para una persona que consume en promedio de 39Kw-h, de energía eléctrica. Se llega a un resultado de S/. 6.97 por mes, y un S/. 83.87 al año, es decir, pago por el servicio de limpieza pública.

**TABLA N° 18:**  
**CÁLCULO DE LA TARIFA PROMEDIO POR LA GESTIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS DOMÉSTICOS**  
**(A nivel de vivienda)**

Tarifa		$= K1+K2$	
Costo Fijo		$\Rightarrow K1= Q1/V$	
Q1 (30%) Costo fijo para comuna		40,500.00	anual
		3,375.00	mensual
Número de viviendas		1655	
	K1	<b>S/. 2.04</b>	mensual
Costo variable		$\Rightarrow K2= Q2 \cdot RSDv / RSDr$	
Q2 (70%) Costos Variables		94,500.00	anual
		7,875	mensual
Consumo energía eléctrica (mensual)		39.0	Kw-h
Recojo de basura		800	kg/día
Generación promedio de residuos		1.80	kg/hab./día
Generación de basura diaria		2,984	
Eficiencia de recojo de basura (%)		27%	
RSDv		1.823	por vivienda
RSDr		292,000	kg/año
	K2	<b>S/. 4.81</b>	mensual
<b>Tarifa calculada (K1+K2)</b>		<b>S/. 6.85 mensual</b>	

Fuente: Elaboración propia

La tarifa por limpieza de los residuos sólidos de la ciudad de Lampa tiene dos componentes, una fija y una variable, la primera la pagan todos con una proporción S/. 24.47 por vivienda al año, la segunda es una variable que depende de la cantidad de energía eléctrica que se consume en cada vivienda. Esta tarifa varía hasta en S/. 51.16, de acuerdo al monto de consumo de energía verificable en los recibos registrados en el servicio de energía eléctrica debido a que esta está muy relacionada a la generación de residuos sólidos municipales.

**TABLA N° 19:**  
**CÁLCULO DE LA TARIFA DE LIMPIEZA POR VIVIENDA EN LA CIUDAD DE LAMPA**  
**(A nivel de vivienda)**

Estrato	CEEv (Promedio mensual Kw-h)	RSD viv. (Kg./mes)	RSD total (Kg./mes)	RSD vivienda (Kg./mes) en base al CCEv	RSD total (Kg./mes) en base al CCEv	Cálculo de tarifa por servicio de limpieza (S/.)				
						K1	K2	Ti (S./año)	Ti (S./mes)	Cobro Anual
A	72.75	86.25	10,017	92.87	10,786	24.47	98.04	122.51	10.21	14,228.48
B	52.63	72.13	20,944	71.64	20,800	24.47	75.63	100.10	8.34	29,063.14
C	39.20	57.15	24,892	54.94	23,928	24.47	58.00	82.47	6.87	35,917.63
D	31.30	46.90	20,426	45.58	19,851	24.47	48.12	72.59	6.05	31,614.39
E	27.35	36.72	13,861	41.27	15,576	24.47	43.56	68.04	5.67	25,680.41
Promedio	64,219.52	1.803	90,140	54.95	90,941	24.47	58.01	82.48	6.87	136,504.04

Fuente: Elaboración propia

En comparación con lo hallado en Orcosupa (2002), el índice de los precios al consumidor en Chile para el 2014 (IPC = 147, con base en el 2002), y el tipo de cambio al 30 de diciembre 2014 es de 608.3 pesos chilenos por dólar americano; de este cálculo se puede comparar lo hallado en el presente estudio para el estrato A es de US\$ 32.80 (S/. 98.04 al 31 de diciembre 2014), y en cambio en la ciudad de Santiago Chile para el mismo estrato es de US\$ 95.20 (57,913 pesos chilenos). La diferencia (US\$ 62.40) es por la calidad del servicio reflejada en el

costo de los diferentes procesos de la gestión integral de residuos sólidos desde el almacenamiento hasta la disposición final.

La propuesta además de que contiene el cálculo de la tarifa por estratos de ingresos generados, debe ir integrado con el servicio de energía eléctrica. Lo ideal es que el cobro por derecho de aseo municipal, se incluya en la boleta de cobro de algún servicio público básico, de tal forma que la posible suspensión del servicio de primera necesidad, sea el elemento coercitivo para el pago por el derecho de aseo.

El sistema de tarificación propuesto, cumple con el principio “el que contamina paga” y de “equidad”, ya que permite cobrar de manera proporcional a la cantidad de residuos que generan los usuarios. Sin embargo, el sistema no cumple de manera directa con el principio “preventivo”, ya que induciría a reducir el consumo de energía eléctrica y luego la cantidad de residuos sólidos domésticos, debido a que la tarifa a cobrar depende del total de residuos de la comuna y la cantidad de electricidad consumida por vivienda.

El sistema propuesto, logra capturar las diferencias en la generación de residuos sólidos y esta se llevan a calcular en las tarifas, sin embargo se debe tener en cuenta que la municipalidad debe subsidiar para aquellas personas en que se compruebe que vive de manera precaria<sup>10</sup>.

---

<sup>10</sup> Esto a través de tener la constancia de que su vivienda es rústica, aquella se sugiera sea exonerado del pago. Esta constancia

## CONCLUSIONES

La ciudad de Lampa es una ciudad que se caracteriza por ser turística, por ello es importante la limpieza en la ciudad, así como una cultura de limpieza desde los hogares.

En cuanto a la primera hipótesis, según la caracterización de los residuos sólidos domiciliarios declarado por la Municipalidad Provincial de Lampa, hace ver que solo el 12% de los materiales son recolectados por los recicladores (plástico PET, Plástico duro, cartón, metales y vidrio), asimismo se pudo comprobar con las encuestas realizadas que el promedio de consumo es de 0.40 kg/habitante/día similar a la reportada a SIGERSOL. Por lo tanto, los resultados dan a entender que es baja la proporción reciclable, la municipalidad debe promover la creación de pocas empresas reciclables.

Los resultados de la segunda hipótesis, muestran que las variables socioeconómicas más significativas son el ingreso mensual per cápita y la edad del jefe de familia, por otro lado, el consumo de energía eléctrica es una variable correlacionada con el ingreso bruto mensual y el nivel o grado educativo, el ingreso mensual per cápita tiene una relación positiva y polinomial de segundo orden, lo que implica que existe un punto de inflexión. Por lo tanto, la relación entre la generación de residuos sólidos per cápita y el nivel de ingresos forman una forma de U invertida de Kuznets, y tiene un punto de inflexión de S/. 641.00 al mes o 7,731.25 al año.

En cuanto a la tercera hipótesis, sobre la elaboración de una propuesta de tarifas diferenciadas a la generación de residuos sólidos domiciliarios bajo el principio de “quien contamina paga”, según este cálculo se logró encontrar una parte fija y una parte variable, por estratos socioeconómicos, de esta forma quien contamina más, paga una mayor proporción respecto a la que contamina menos, medida de una manera indirecta con el consumo de energía eléctrica (verificable con recibos), de esta forma se castiga a los que no pagan con el corte del servicio básico como lo es la energía eléctrica.

Esta tarifa fue calculado con a través de una ecuación polinomial de tercer orden, hallada después de una regresión entre la generación de residuos sólidos y el consumo de energía eléctrica por vivienda, hallando un punto de equilibrio de 91.14 kw-h/mes/vivienda, por encima de esta se puede decir que la producción de residuos sólidos bajaría, esto ayudaría a que el servicio de residuos sólidos sea sostenible en el tiempo. Sin embargo según los costos reales aún son muy bajos, debido a que no se tiene un sistema adecuado de gestión integral de residuos sólidos como lo tiene la provincia de Santiago de Chile Orcosupa (2002), este déficit llega a un monto de US\$ de 62.04 en promedio para una persona del estrato A, esta diferencia cubre los costos de reaprovechamiento y disposición final de los residuos sólidos (relleno sanitario).

## RECOMENDACIONES

En cuanto a la composición de los residuos sólidos domésticos, se sugiere realizar otra vez una caracterización más detallada, debido a que no se especifica de manera adecuada el material inerte, es importante hacer esto debido a que este componente es muy alto (40.2% del total) dentro de la composición de residuos.

La implementación de esta tarifa sugiere hacer una alianza estratégica con la empresa proveedora del servicio eléctrico para hallar el cálculo del consumo y la tarificación, también debe coordinarse con la población para sensibilizar acerca de la implementación de la tarifa.

Actualmente la población no paga árbitros por limpieza pero con el pago de la tarifa la municipalidad puede gestionar proyectos que mejoren la gestión de residuos sólidos principalmente la fase de disposición a través de un relleno sanitario, la tarifa ayuda puesto que es un medio comprobable para asegurar la sostenibilidad del servicio y no comprometer los recursos corrientes de la municipalidad los mismos que son escasos y bajos.

## BIBLIOGRAFÍA

- Banco Mundial. (1992). Informe sobre el desarrollo mundial 1992: El desarrollo y el medio ambiente.
- Barón, F. &. (2004). Apuntes de Bioestadística. México.
- Borregaard, N. (1996). Tarificación diferenciada de residuos sólidos domiciliarios – El caso de la tarificación por unidad en Chile. CEPAL.
- Brack, A. (2011). "Programa municipal de segregación de residuos sólidos en la fuente".
- Brudtland, C. (1987). *Nuestro futuro común, preparado por la Comisión Mundial del Medio Ambiente y Desarrollo*. Estocolmo: Naciones Unidas.
- Cabrera, C. A. (2005). "Propuesta para el mejoramiento de la gestión municipal del manejo de los residuos sólidos domiciliarios de la comuna de Colina, región metropolitana".
- Correa, F. (2004). Crecimiento económico y medio ambiente: una revisión analítica de la hipótesis de la curva ambiental de Kuznets. *Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal*, 72-104.
- Costa & Felipe. (1995). Propuesta del sistema tarifario para los servicios de aseo municipales: "Políticas de para la gestión ambientalmente adecuada de residuos urbanos e industriales".
- Duran, Behnfeld & Hartwig (Consultor GTZ). (1997). "Políticas ambientales y desarrollo sustentable".
- Femia, A., Hinterberger, F., & Luks, F. (1999). Ecological Economic Policy for Sustainable development. En *The Handbook of economic Growth*.
- Katia M. Noguera1, J. T. (2010). Los rellenos sanitarios en Latinoamérica: caso colombiano. *Revista Académica Colombia Ciencias*.
- Levinson, A. (2008). Environmental Kuznets curve. En *New Palgrave Dictionary of Economics 2nd edition*.
- Martínez, A. C. (2003). *La curva de Kuznets - material para México: ¿Evidencia de Sostenibilidad?* México.
- MEF. (2014). [www.mef.gob.pe](http://www.mef.gob.pe).
- Municipalidad-Lampa. (2008). "Plan Integral de Gestión Ambiental de Residuos Sólidos".

- Muñoz, C., & Gonzales, A. (2001). *Economía, sociedad y medio ambiente: reflexiones y avances hacia un desarrollo sustentable en México*.
- Naciones-Unidas. (1992). Programa 21, División de Desarrollo Sostenible.
- Noguera Katia, Olivero Jesús. (2010). "Rellenos sanitarios en Latinoamérica: caso colombiano". *Revista Académica Colombiana de Ciencias*.
- ORCCOSUPA RIVERA, J. (2002). Relación entre la producción per cápita de Residuos Sólidos Orgánicos y factores socioeconómicos, provincia de Santiago de Chile. *Universidad de Chile*, 01-128.
- Orcosupa, J. (2002). "Relación entre la producción per cápita de residuos sólidos domésticos y factores socioeconómicos".
- Orostegui, K. (2009). Comportamiento de la Generación de Residuos Sólidos Domésticos en el Distrito de Chacabuco. *Revista de Investigación Universitaria - UPEU*.
- PIWANDES, & CIED. (2004). *Estudio de caracterización de residuos sólidos de la ciudad de Puno*. Centro de Investigación, Educación y Desarrollo, Departamento de Investigación.
- Rodriguez, M. (2004). "Diseño de un modelo matemático de la generación de residuos sólidos municipales en Nicolás Romero, México".
- Seoánez, M. (2000). *Tratado de reciclado y recuperación de los productos de los residuos*. Madrid: Madrid Mundi Prensa .
- Taboada, A. &. (2010). Análisis estadístico de residuos sólidos domésticos en un municipio fronterizo de México.
- Taboada, Aguilar, Cruz & Ramirez. (2012). "Manejo y potencial de recuperación de residuos sólidos en una comunidad rural de México". *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 29.
- Uribe B., E. (2014). "Reformas fiscales y regulatorias en la gestión y manejo de los residuos sólidos".
- Vasconi, P. (Septiembre de 2004). Residuos sólidos domiciliarios en Chile: análisis y propuestas.
- Vasquez, O. (2005). Modelo de simulación de gestión de residuos sólidos domiciliarios en la Región Metropolitana de Chile.
- Yepes, E. (2000). Gestión integral de residuos sólidos municipales.

## ANEXO N° 01 FICHA DE ENCUESTA

Nota: La presente encuesta es realizada para fines académicos, agradecemos su participación (responda con sinceridad)

**DATOS GENERALES**

**Nombre:** \_\_\_\_\_ **Edad:** \_\_\_\_\_

**Zona:** \_\_\_\_\_ **Miembros de la vivienda** \_\_\_\_\_

**1. Tipo de vivienda:**

- a. Material Noble ( )
- b. Adobe ( )
- c. Otro ( )

**2. Ocupación Económica de entrevistado:**

- |                    |                    |
|--------------------|--------------------|
| a. Ama de casa ( ) | e. Comerciante ( ) |
| b. Obrero ( )      | f. Profesional ( ) |
| c. Oficinista ( )  | g. Desempleado ( ) |
| d. Empresario ( )  | h. Otros ( )       |

**3. Nivel de educación del jefe de familia (persona que aporta el ingreso principal del hogar):**

- |                              |                               |
|------------------------------|-------------------------------|
| a. Sin instrucción ( )       | f. Técnica incompleta ( )     |
| b. Primaria Incompleta ( )   | g. Técnica completa ( )       |
| c. Primaria Completa ( )     | h. Universidad incompleta ( ) |
| d. Secundaria Incompleta ( ) | i. Universidad completa ( )   |
| e. Secundaria Completa ( )   | j. Estudios de Post grado ( ) |

**4. ¿Cuánto es el ingreso familiar al mes?**

Monto S/. \_\_\_\_\_

**5. ¿Tipo de servicios con que cuenta?**

- |                |                 |
|----------------|-----------------|
| a. Luz ( )     | d. Teléfono ( ) |
| b. agua ( )    | e. Cable ( )    |
| c. Desagüe ( ) | f. Internet ( ) |

**6. ¿Cuánto es el consumo de energía Eléctrica mensual?**

\_\_\_\_\_ Kwh Costo: \_\_\_\_\_ Nuevos Soles

**7. ¿Cuánto de residuos sólidos produce semanalmente?**

\_\_\_\_\_ Kg Costo: \_\_\_\_\_ Nuevos Soles

**8. ¿Alguna vez recibió educación ambiental?**

SI ( ) NO ( )

**ANEXO 2: REGRESIONES EN STATA**

**Estimación de los factores socioeconómicos contra la producción de residuos sólidos domésticos per cápita**

```
. estimates table m1 m2 m3 m5 m4, b(%8.0g) t(%8.0g) stats(r2, r2_a, F, N, )
```

Variable	m1	m2	m3	m5	m4
yp	.001318	.001035	.001051	.001092	.001134
	1.44384	3.93727	4.6716	4.98286	5.19286
yp2	-1.5e-06	-7.5e-07	-7.8e-07	-8.2e-07	-8.8e-07
	-.687518	-2.63452	-3.06813	-3.24892	-3.54411
yp3	5.4e-10				
	.343307				
cep	.001744				
	.327507				
edu	.005305	.005724	.005152		
	.772075	.876882	.840422		
edad	-.000826	-.000823	-.000929	-.000899	
	-1.15249	-1.16847	-1.37004	-1.3319	
amb	-.013645	-.015128			
	-.608997	-.695613			
viv	-.000125	.000458			
	-.014429	.056431			
_cons	.116039	.159013	.163219	.165273	.123889
	.948841	2.84864	3.04614	3.0958	2.83458
r2	.61888	.617365	.613831	.608872	.596482
r2_a	.559097	.574048	.585746	.587919	.582324
F	10.352	14.2522	21.8562	29.0586	42.1288
N	60	60	60	60	60

legend: b/t

**Niveles de significancia de las variables incluidas en los modelos**

```
. estimates table m1 m2 m3 m5 m4, star(.05 .10 .20) stats(N r2 r2_a F) b(%8.4g)
```

Variable	m1	m2	m3	m5	m4
yp	.001318*	-.001035***	.001051***	.001092***	.001134***
yp2	-1.5e-06	-7.5e-07***	-7.8e-07***	-8.2e-07***	-8.8e-07***
yp3	5.4e-10				
cep	.001744				
edu	.005305	.005724	.005152		
edad	-.000826	-.000823	-.000929*	-.000899*	
amb	-.01365	-.01513			
viv	-.000125	.000458			
_cons	.116	.159***	.1632***	.1653***	.1239***
N	60	60	60	60	60
r2	.6189	.6174	.6138	.6089	.5965
r2_a	.5591	.574	.5857	.5879	.5823
F	10.35	14.25	21.86	29.06	42.13

legend: \* p<.2; \*\* p<.1; \*\*\* p<.05

**Pruebas de hipótesis para las ecuaciones finales**

**Prueba test de White**

**Ecuación M5**

```
. imtest, white
```

White's test for H0: homoskedasticity  
against Ha: unrestricted heteroskedasticity

chi2(8) = 6.02  
Prob > chi2 = 0.6451

Cameron & Trivedi's decomposition of IM-test

Source	chi2	df	p
Heteroskedasticity	6.02	8	0.6451
Skewness	2.08	3	0.5562
Kurtosis	0.14	1	0.7120
Total	8.23	12	0.7666

```
. estat hettest

Breusch-Pagan / Cook-Weisberg test for heteroskedasticity
Ho: Constant variance
Variables: fitted values of rsp

chi2(1)      =      2.64
Prob > chi2  =      0.1040
```

**Ecuación M4**

```
. imtest, white

White's test for Ho: homoskedasticity
against Ha: unrestricted heteroskedasticity

chi2(4)      =      3.84
Prob > chi2  =      0.4278
```

Cameron & Trivedi's decomposition of IM-test

Source	chi2	df	p
Heteroskedasticity	3.84	4	0.4278
Skewness	2.55	2	0.2796
Kurtosis	0.01	1	0.9096
Total	6.40	7	0.4935

```
. estat hettest

Breusch-Pagan / Cook-Weisberg test for heteroskedasticity
Ho: Constant variance
Variables: fitted values of rsp

chi2(1)      =      3.50
Prob > chi2  =      0.0614
```

## Significancia de las variables

### Test de Wald M4

```
. test (yp yp2 _cons)

( 1)  yp = 0
( 2)  yp2 = 0
( 3)  _cons = 0

F( 3, 57) = 1310.12
Prob > F = 0.0000
```

### Test de Wald M5

```
. test (yp yp2 edad _cons)

( 1)  yp = 0
( 2)  yp2 = 0
( 3)  edad = 0
( 4)  _cons = 0

F( 4, 56) = 996.38
Prob > F = 0.0000
```

```
. test (edad)

( 1)  edad = 0

F( 1, 56) = 1.77
Prob > F = 0.1883
```

## Pruebas de variables omitidas

### Ecuación M5

```
. estat ovtest

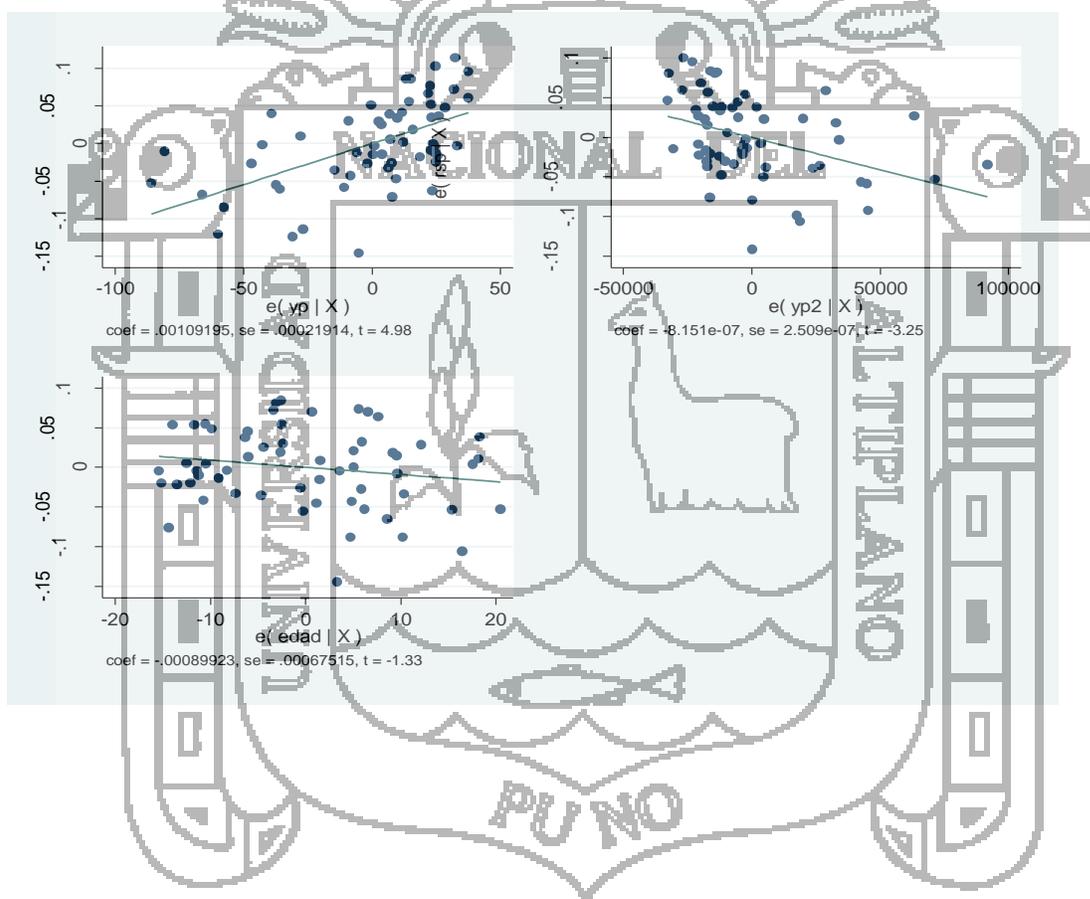
Ramsey RESET test using powers of the fitted values of rsp
Ho: model has no omitted variables
F(3, 53) = 2.05
Prob > F = 0.1181
```

**Ecuación M4**

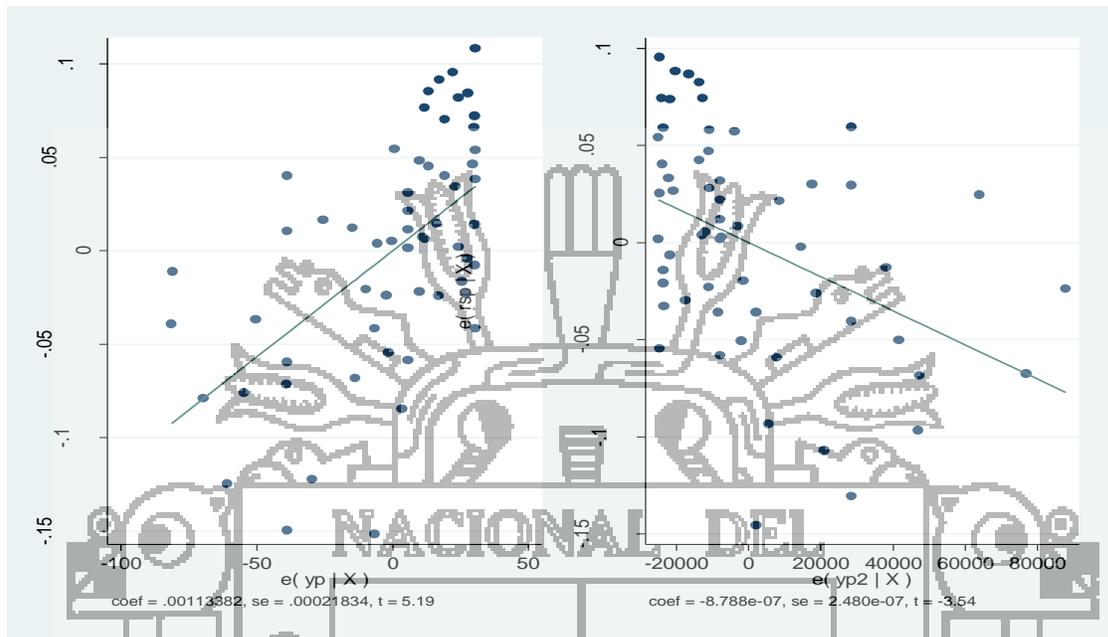
```
. estat ovtest

Ramsey RESET test using powers of the fitted values of rsp
Ho: model has no omitted variables
F(3, 54) = 2.05
Prob > F = 0.1172
```

**PREDICCIONES  
Modelo M5**



Modelo M4



MODELO DE PROPUESTA PARA UN SISTEMA TARIFARIO

REGRESIÓN POLINOMIAL

```
. estimates table m6 m7 m8, b(%8.0g) t(%8.0g) stats(r2, r2_a, F)
```

Variable	m6	m7	m8
ce	.015788 .388829		
ce2	.000557 .72641	.000929 8.25335	.000916 8.25672
ce3	-4.5e-06 -1.04348	-6.8e-06 -5.93782	-6.7e-06 -5.92403
edad	-.002717 -.562809	-.003634 -.77937	
edu	.039003 .72367		
_cons	.646028 .977337	.954942 4.92382	.827392 7.97791
r2	.733539	.728792	.72585
r2_a	.708867	.714263	.716231
F	29.7312	50.1611	75.4577

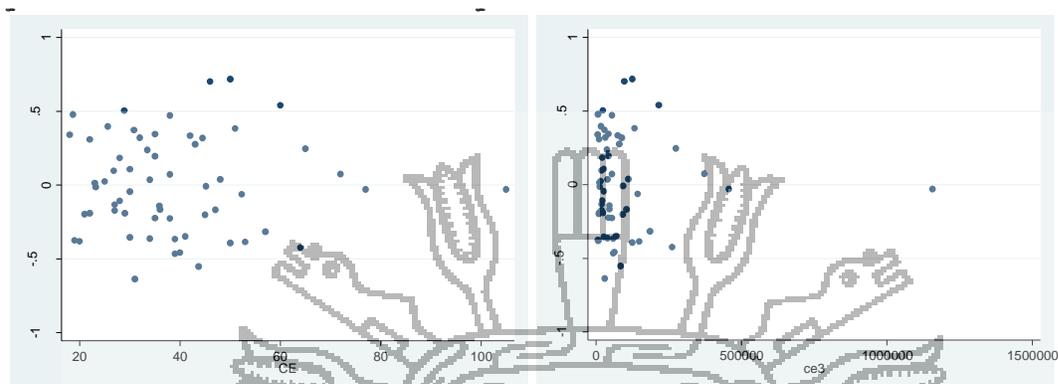
legend: b/t

```
. estimates table m6 m7 m8, star (.01 .05 .10) stats(r2 r2_a F) b(%8.0g)
```

Variable	m6	m7	m8
ce	.015788		
ce2	.000557	.000929***	.000916***
ce3	-4.5e-06	-6.8e-06***	-6.7e-06***
edad	-.002717	-.003634	
edu	.039003		
_cons	.646028	.954942***	.827392***
r2	.733539	.728792	.72585
r2_a	.708867	.714263	.716231
F	29.7312	50.1611	75.4577

legend: \* p<.1; \*\* p<.05; \*\*\* p<.01

**PRUEBA DE HETEROCEDASTICIDAD**



```
. imtest, white
```

White's test for  $H_0$ : homoskedasticity  
against  $H_a$ : unrestricted heteroskedasticity

```
chi2(5) = 7.07
Prob > chi2 = 0.2153
```

Cameron & Trivedi's decomposition of IM-test

Source	chi2	df	p
Heteroskedasticity	7.07	5	0.2153
Skewness	3.40	2	0.1825
Kurtosis	3.75	1	0.0527
Total	14.23	8	0.0760

```
. estat hettest
```

Breusch-Pagan / Cook-Weisberg test for heteroskedasticity  
 $H_0$ : Constant variance  
Variables: fitted values of  $rs$

```
chi2(1) = 0.34
Prob > chi2 = 0.5610
```

### Prueba de variables omitidas

```
. estat ovtest

Ramsey RESET test using powers of the fitted values of rs
Ho: model has no omitted variables
      F(3, 54) =      0.26
      Prob > F =      0.8553
```

### Prueba de significancia conjunta

```
. test (ce2 ce3 _cons)

( 1) ce2 = 0
( 2) ce3 = 0
( 3) _cons = 0

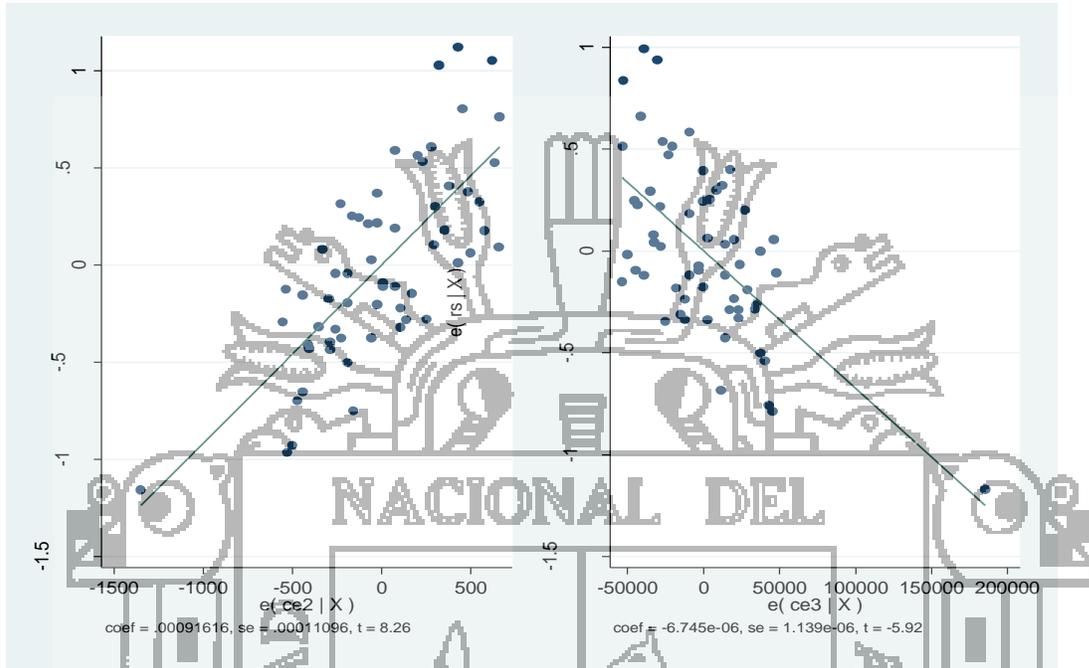
      F( 3, 57) = 632.78
      Prob > F =  0.0000
```

### Prueba de multicolinealidad

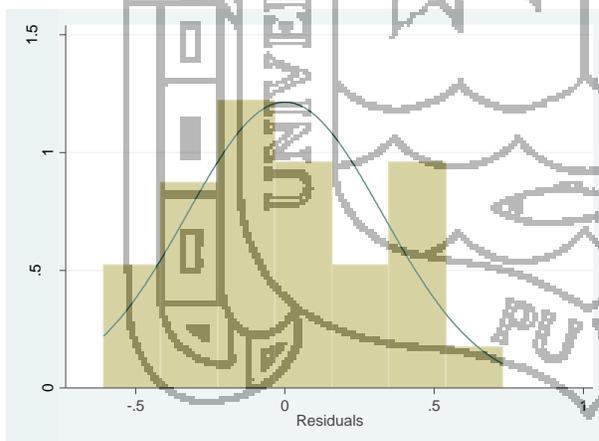
```
. estat vif, uncentered
```

Variable	VIF	1/VIF
ce2	38.98	0.025656
ce3	24.72	0.040455
intercept	5.78	0.173057
Mean VIF	23.16	

Predicciones



Normalidad de los residuos



```
. predict resce2, resid

. histogram resce2, normal
(bin=7, start=-.60686857, width=.19106506)

. sktest resce2
```

Skewness/Kurtosis tests for Normality

Variable	Obs	Pr (Skewness)	Pr (Kurtosis)	joint	
				adj chi2 (2)	Prob>chi2
resce2	60	0.4270	0.1163	3.25	0.1971



**ANEXO 3: BASE DE DATOS**

N°	hab	Ingreso bruto mensual (S/.)	Ingreso per-cápita mensual (S/.)	PPRS (Kg.)	PPRS (Kg.) - percápita	CCE (Kwatt- hora)	CCE pér- capita	Edad (años)	Nivel educa- tivo	Educación ambiental
	MIE MB	Y	YP	RS	RSP	CE	CEP	EDAD	EDU	AMB
1	3	1550	517	1.30	0.43	34.00	11.33	42	4.00	0.00
2	3	750	250	0.90	0.30	21.00	7.00	45	0.00	0.00
3	4	1250	313	1.70	0.43	25.60	6.40	32	0.00	0.00
4	3	1300	433	1.30	0.43	25.00	8.33	24	0.00	0.00
5	2	1500	750	0.95	0.48	22.00	11.00	56	1.00	0.00
6	5	900	180	1.60	0.32	41.04	8.21	45	0.00	0.00
7	7	2250	321	2.70	0.39	51.00	7.29	48	3.00	1.00
8	3	1200	400	1.48	0.49	35.00	11.67	27	0.00	0.00
9	6	3780	630	3.00	0.50	72.00	12.00	63	4.00	1.00
10	3	1280	427	1.45	0.48	26.80	8.93	45	1.00	0.00
11	8	4850	606	3.20	0.40	105.00	13.13	54	4.00	1.00
12	3	900	300	1.23	0.41	27.00	9.00	34	0.00	0.00
13	4	1800	450	2.10	0.53	45.20	11.30	45	3.00	0.00
14	4	1850	463	1.90	0.48	32.00	8.00	37	4.00	0.00
15	3	1650	550	1.60	0.53	35.90	11.97	32	3.00	0.00
16	3	1300	433	1.30	0.43	18.00	7.00	27	1.00	0.00
17	4	2560	640	1.90	0.48	45.00	11.25	34	4.00	0.00
18	5	3500	700	2.30	0.46	64.00	12.80	54	4.00	1.00
19	5	1980	396	2.01	0.40	47.10	9.42	34	4.00	0.00
20	5	2250	450	2.30	0.46	52.30	10.46	57	3.00	1.00
21	6	2350	392	2.30	0.38	43.00	7.17	54	4.00	0.00
22	3	1450	483	1.45	0.48	22.00	7.33	34	1.00	0.00
23	9	2500	278	3.15	0.35	60.00	6.67	25	3.00	1.00
24	6	1900	317	2.32	0.39	42.00	7.00	23	4.00	0.00
25	5	1500	300	1.88	0.38	33.50	6.70	42	0.00	0.00
26	6	3300	550	3.00	0.50	50.00	8.33	51	3.00	1.00
27	6	1300	217	1.45	0.24	40.00	6.67	44	2.00	0.00
28	5	1600	320	2.30	0.46	38.00	7.60	46	4.00	0.00
29	5	1240	248	1.90	0.38	30.80	6.16	51	2.00	0.00
30	6	1950	325	2.84	0.47	46.00	7.67	39	4.00	0.00
31	4	1500	375	1.60	0.40	30.00	7.50	38	0.00	0.00
32	6	1600	267	2.00	0.33	53.00	8.83	49	4.00	0.00



33	5	1400	280	1.58	0.32	36.00	7.20	59	0.00	0.00
34	4	1200	300	1.50	0.38	43.70	10.93	27	1.00	0.00
35	6	800	133	2.05	0.34	35.00	5.83	38	1.00	0.00
36	4	1300	325	1.70	0.43	34.00	8.50	36	1.00	0.00
37	5	865	173	1.40	0.28	39.00	7.80	31	1.00	0.00
38	3	800	267	0.67	0.22	20.00	6.67	42	2.00	0.00
39	4	1450	363	1.95	0.49	28.90	7.23	45	2.00	0.00
40	3	900	300	1.18	0.39	23.20	7.73	28	0.00	0.00
41	3	600	200	0.63	0.21	19.00	6.33	56	0.00	0.00
42	4	800	200	1.47	0.37	18.68	4.67	29	2.00	0.00
43	7	2000	286	3.00	0.43	65.00	9.29	36	3.00	0.00
44	3	900	300	1.20	0.40	23.00	7.67	48	1.00	0.00
45	4	1800	450	1.50	0.38	39.00	9.75	25	4.00	0.00
46	4	800	200	1.19	0.30	27.00	6.75	41	2.00	0.00
47	4	650	163	0.90	0.23	31.00	7.75	40	0.00	0.00
48	5	1700	340	2.40	0.48	44.48	8.90	35	4.00	0.00
49	4	1500	375	1.90	0.48	35.00	8.75	36	1.00	0.00
50	3	1400	467	1.26	0.42	29.00	9.67	29	0.00	0.00
51	3	1100	367	1.30	0.43	28.00	9.33	40	0.00	0.00
52	3	2300	767	1.60	0.53	38.00	12.67	38	4.00	1.00
53	6	1350	225	2.25	0.38	48.00	8.00	33	0.00	0.00
54	4	2250	563	1.90	0.48	38.00	9.50	34	4.00	1.00
55	6	1800	300	1.89	0.32	50.00	8.33	47	3.00	0.00
56	3	850	283	1.14	0.38	30.00	10.00	26	2.00	0.00
57	6	2800	467	3.00	0.50	77.00	12.83	58	4.00	0.00
58	5	2800	560	2.20	0.44	57.00	11.40	47	4.00	1.00
59	4	800	200	1.59	0.40	28.00	7.00	37	0.00	0.00
60	4	1250	313	1.45	0.36	30.00	7.50	31	0.00	0.00

**ANEXO 4: CÁLCULO ACTUALIZADO ORCOSUPA 2002**

ESTRATO	Orcosupa (2002)		Orcosupa (2014), estimado	
	P. Chilenos	US\$	P. Chilenos	US\$
A	39,270	56.98	57,913	95.20
B	38,222	55.46	56,367	92.66
C	32,862	47.68	48,462	79.67
D	31,786	46.12	46,876	77.06
E	28,738	41.70	42,381	69.67