UNIVERSIDAD NACIONAL DE FRONTERA

RESOLUCIÓN DE VICEPRESIDENCIA ACADÉMICA N° 176-2026-UNF-VPAC

Sullana, 17 de agosto de 2026.

VISTOS:

Oficio N° 1054-2026-UNF-VPAC/FCEA de fecha 10 de julio de 2026, Informe N° 121-2026-UNF-VPAC/FCEA/UI de fecha 08 de julio de 2026, Informe N° 004-2026-UNF-VPAC/FCEA/FCCH de fecha 06 de julio de 2026, Resolución de Comisión Organizadora N° 642-2025-UNF-VPAC de fecha 22 de agosto de 2025 y;

CONSIDERANDO:

Que el artículo 18 de la Constitución Política del Perú, establece que, *"Cada Universidad es autónoma en su régimen normativo, de gobierno, académico, administrativo y económico. Las Universidades se rigen por sus propios estatutos en el marco de la Constitución y de las leyes".*

Que mediante Ley N° 29568 de fecha 26 de julio de 2010 se crea la Universidad Nacional de Frontera en el distrito y provincia de Sullana, departamento de Piura, con fines de fomentar el desarrollo sostenible de la Subregión Luciano Castillo Colonna, en armonía con la preservación del medio ambiente y el desarrollo económico sostenible; y, contribuir al crecimiento y desarrollo estratégico de la región fronteriza noroeste del país.

Que el artículo 8° de la Ley Universitaria N° 30220, establece que la autonomía, inherente a las Universidades se ejerce de conformidad con la Constitución y las Leyes de la República e implica los derechos de aprobar su propio estatuto y gobernarse de acuerdo con él, organizar su sistema académico, económico y administrativo.

Que conforme a la RVM Nº 244-2021-MINEDU que resuelve aprobar el Documento Normativo denominado "Disposiciones para la constitución y funcionamiento de las comisiones organizadoras de las universidades públicas en proceso de constitución", en su numeral 6.1.1, la Comisión Organizadora se encuentra integrada por un Presidente y dos Vicepresidentes, encargados de dirigir y ejecutar las políticas en los ámbitos académico y de investigación respectivamente; y en su numeral 6.1.4 Funciones de la Comisión Organizadora: Las funciones de la Comisión Organizadora son las siguientes:... *(g) Concordar y ratificar los planes de estudios y de trabajo propuestos por las unidades académicas.*

Que, mediante Resolución de Presidencia de Comisión Organizadora N° 198-2025-UNF/PCO, de fecha 13 de octubre de 2025, se resuelve la Formalización de la emisión de Resoluciones Vicepresidenciales, el alcance de las Resoluciones Vicepresidenciales, la elevación

de expedientes a la Comisión Organizadora, el procedimiento de elevación, el reconocimiento de la responsabilidad técnica y supervisión y ejecución.

Que, mediante Resolución de Comisión Organizadora N° 916-2024-UNF/CO, de fecha 28 de octubre de 2024, se actualizó el Reglamento de Organización y Funciones de la Universidad Nacional de Frontera (ROF-UNF), el cual establece en sus siguientes artículos lo siguiente:

Artículo 13°. Vicerrectorado Académico
El Vicerrectorado Académico es el órgano de dirección encargado de proponer y promover las políticas y normas académicas de formación integral; y, de organizar, programar, ejecutar y controlar el desarrollo de la actividad académica a través de los órganos de línea dependientes, en concordancia con las directivas impartidas por el Rector.

CAPÍTULO VI
06. DE LOS ÓRGANOS DE LÍNEA
Artículo 74° Órganos de Línea
Constituyen órganos de línea de la UNF los siguientes:
...()
06.2.3 Unidad de Investigación

Artículo 85°. Unidad de Investigación
La Unidad de Investigación es la unidad de organización de línea que depende del Decanato, encargada de integrar las actividades de investigación de la Facultad, las cuales deben estar enmarcadas en las líneas de investigación aprobadas.

Artículo 86°. Funciones de la Unidad de Investigación
86.1. Organizar y conducir la actividad de investigación a través de los docentes como parte de su tarea académica en la forma que determine el Estatuto.

Que de conformidad con el Estatuto de la Universidad Nacional de Frontera, en su Artículo 22° Atribuciones del Consejo Universitario, señala en su literal *f) Concordar y ratificar los planes de estudios y de trabajo propuestos por las unidades académicas.*

Que mediante Resolución de Comisión Organizadora N° 642-2025-UNF-VPAC de fecha 22 de agosto de 2025, se resolvió aprobar el **Plan de Trabajo de Investigación Formativa** denominado ***"Factores socioeconómicos en la generación y reciclaje de residuos sólidos urbanos en Sullana: Un análisis con enfoque de la Curva Ambiental de Kuznets, 2025"*** propuesto por los responsables docentes Dr. Freddy Carrasco Choque, Mgtr. Darwin Alejandro Siancas y Mgtr. Janet del Rocío Sánchez Castro, y estudiantes de la Facultad de Ciencias Económicas y Ambientales de la Universidad Nacional de Frontera.

Que mediante Informe N° 121-2026-UNF-VPAC/FCEA-UI de fecha 08 de julio de 2026, el Jefe de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ciencias Económicas y Ambientales de la Universidad Nacional de Frontera, señala que el **Plan de Trabajo de Investigación Formativa**

denominado ***"Factores socioeconómicos en la generación y reciclaje de residuos sólidos urbanos en Sullana: Un análisis con enfoque de la Curva Ambiental de Kuznets, 2025"*** fue sometido a una evaluación detallada de parte de dicha unidad, el cual cumple con los requisitos establecidos por la normativa institucional y los criterios técnicos definidos por la misma, siendo viable la aprobación del informe final, con emisión de acto resolutivo.

Que mediante Oficio N° 1054-2026-UNF-VPAC/FCEA de fecha 10 de julio de 2026, el Coordinador de la Facultad de Ciencias Económicas y Ambientales de la Universidad Nacional de Frontera solicita a la Vicepresidencia Académica la aprobación del informe final del **Plan de Trabajo de Investigación Formativa** denominado ***"Factores socioeconómicos en la generación y reciclaje de residuos sólidos urbanos en Sullana: Un análisis con enfoque de la Curva Ambiental de Kuznets, 2025",*** para su posterior certificación, en atención a que cumple con los estándares requeridos y se encuentra alineado con los objetivos del Plan de Trabajo primigeniamente aprobado según Resolución de Comisión Organizadora N° 642-2025-UNF-VPAC de fecha 22 de agosto de 2025.

Que corresponde aprobar el informe final del **Plan de Trabajo de Investigación Formativa** denominado ***"Factores socioeconómicos en la generación y reciclaje de residuos sólidos urbanos en Sullana: Un análisis con enfoque de la Curva Ambiental de Kuznets, 2025",*** previamente aprobado mediante Resolución de Comisión Organizadora N.° 642-2025-UNF-VPAC, de fecha 22 de agosto de 2025, con un presupuesto de S/ 3,416.00. Al respecto, se precisa que los servicios previstos para la ejecución del referido plan fueron atendidos y sustentados durante el ejercicio fiscal 2025, mediante las Órdenes de Servicio N° 1125-2025 y N° 1135-2025, por S/ 1,708.00 cada una, haciendo un total de S/ 3,416.00, correspondiente al presupuesto aprobado para el desarrollo del plan. Por tanto, la ejecución y sustentación del gasto se efectuó dentro del ejercicio fiscal correspondiente, sin comprometer recursos del ejercicio 2026. Asimismo, la Unidad de Investigación Formativa, luego de evaluar el Informe Final presentado, ha determinado que se han cumplido los objetivos y actividades previstos en el Plan de Trabajo, otorgando la viabilidad para su aprobación y para la emisión de los certificados correspondientes.

Que si bien el Informe Final fue presentado el 06 de julio de 2026, dicha presentación corresponde a la etapa de cierre y formalización de los resultados del plan, cuya ejecución se desarrolló en el ejercicio fiscal 2025. Por lo cual, su aprobación permite culminar formalmente el proceso académico y administrativo correspondiente. En consecuencia, considerando el cumplimiento de los objetivos del plan, la ejecución y sustentación del presupuesto aprobado durante el ejercicio fiscal 2025 y la viabilidad otorgada por la Unidad de Investigación Formativa, resulta procedente su aprobación. Haciendo hincapié que se cuenta con el respaldo del informe emitido por las áreas competentes, que lo avalan técnica y académicamente.

Que, de conformidad al Artículo IV el Título Preliminar del Texto Único Ordenado de la Ley de Procedimiento Administrativo General, aprobada mediante Decreto Supremo N° 004-2019-JUS, recoge como uno de los Principios del Procedimiento Administrativo, el Principio de Legalidad por el cual queda sentado que las autoridades administrativas deben actuar con respeto a la

Constitución, la ley y al derecho, dentro de las facultades que le estén atribuidas y de acuerdo con los fines para los que les fueron conferidas.

Estando a lo expuesto y en uso de las atribuciones conferidas por la Ley Universitaria Nº 30220, el TUO de la Ley de Procedimiento Administrativo General Ley N° 27444, la Resolución Viceministerial N° 244-2021-MINEDU y la Resolución Viceministerial N° 064-2024-MINEDU.

SE RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.– APROBAR, el Informe Final del **Informe final de Investigación Formativa** denominado**: *"Factores socioeconómicos en la generación y reciclaje de residuos sólidos urbanos en Sullana: Un análisis con enfoque de la Curva Ambiental de Kuznets, 2025",*** presentado por los responsables docentes Dr. Freddy Carrasco Choque, Mgtr. Darwin Alejandro Siancas y Mgtr. Janet del Rocío Sánchez Castro, y estudiantes de la Facultad de Ciencias Económicas y Ambientales de la Universidad Nacional de Frontera, el mismo que como anexo forma parte integrante de la presente resolución.

ARTÍCULO SEGUNDO.– AUTORIZAR la emisión de certificados del **Plan de Trabajo de Investigación Formativa** denominado ***"Factores socioeconómicos en la generación y reciclaje de residuos sólidos urbanos en Sullana: Un análisis con enfoque de la Curva Ambiental de Kuznets, 2025" ,*** en mérito a lo probado en el artículo precedente.

ARTÍCULO TERCERO. - NOTIFICAR a través, de los mecanismos más adecuados y pertinentes, para conocimiento y fines correspondientes.

REGÍSTRESE, COMUNÍQUESE Y EJECÚTESE.

Universidad Nacional de Frontera
Dr. Sigifredo Alberto Burneo Sánchez
VICEPRESIDENTE ACADÉMICO DE LA COMISIÓN ORGANIZADORA

Cc/archivo
AICCH/Esp.VPAC

UNIVERSIDAD NACIONAL DE FRONTERA

INFORME FINAL DE INVESTIGACIÓN FORMATIVA

"Factores socioeconómicos en la generación y reciclaje de residuos sólidos urbanos en Sullana: Un análisis con enfoque de la Curva Ambiental de Kuznets, 2025"

Estudiante Responsable

Anthony del Piero Viera Carreño

Karen Tatiana Chujutalli Ojeda

Docente Responsable

Dr. Freddy Carrasco Choque

Mg. Darwin Alejandro Siancas Escobar

Mg. Janet del Rocío Sánchez Castro

Semestre Académico:

2025 - II

Asignatura: Econometria II

RCO N° Nº 642-2025-UNF/CO

Sullana – Perú

2026

Índice de contenido

Pág.

Índice de contenido 2
Índice de tablas 4
Pág. 4
RESUMEN 5
I. INTRODUCCIÓN 6
1.1. OBJETIVOS 9
1.1.1. Objetivo general 9
1.1.2. Objetivos específicos 9
II. MARCO TEÓRICO O REFERENCIAL 10
2.1. Revisión de literatura relevante y antecedentes 10
2.1.1. Antecedentes internacionales 10
2.1.2. Antecedentes latinoamericanos 11
2.1.3. Antecedentes nacionales 13
2.1.4. Antecedentes regionales y locales 14
2.2. Fundamentos teóricos que respaldan la investigación 15
2.2.1. Teoría de las externalidades ambientales 15
2.2.2. Modelo microeconómico del consumo y generación de residuos 16
2.2.3. Economía del comportamiento ambiental 18
2.2.4. Curva Ambiental de Kuznets aplicada a residuos sólidos urbanos 19
2.2.5. Modelos econométricos para generación y reciclaje de residuos 21
2.3. Definiciones conceptuales y operativas 24
2.3.1. Residuos sólidos urbanos 24
2.3.2. Generación de residuos sólidos 24
2.3.3. Reciclaje y separación en origen 25
2.3.4. Valorización de residuos sólidos 25
2.3.5. Variables socioeconómicas del hogar 26
2.3.6. Conciencia ambiental y percepción ciudadana 26
2.3.7. Curva Ambiental de Kuznets 27
2.3.8. Definición operativa de variables del estudio 27
III. METODOLOGÍA 28
3.1. Caracterización de la investigación 28

3.2. Sujeto de investigación: población, muestra y muestreo 28
3.3. Variables de la investigación 30
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos 32
3.5. Procedimientos de análisis de datos 32
3.5.1. Método de estimación para el primer objetivo específico 33
3.5.2. Método de estimación para el segundo objetivo específico 34
3.5.3. Método de estimación para el tercer objetivo específico 36
3.6. Pruebas estadísticas y criterios de evaluación 37
IV. RESULTADOS 38
4.1. Resultados del objetivo específico 1 38
4.2. Resultados del objetivo específico 2 42
4.3. Resultados del objetivo específico 3 48
V. DISCUSIÓN 54
VI. CONCLUSIONES 57
VII. RECOMENDACIONES 60
VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 62
ANEXOS 66





Índice de tablas

Pág.

1. Población beneficiaria considerada en la investigación 29
2. Variables, codificación y signo esperado 31
3. Estadísticos descriptivos de las variables principales del objetivo 1.....38
4. Modelos MCO para explicar la generación semanal de residuos sólidos urbanos.....39
5. Distribución de la práctica de reciclaje o separación en origen 42
6. Comparación de modelos Logit y Probit para la práctica de reciclaje 43
7. Efectos marginales del modelo Probit reducido sobre la probabilidad de reciclar o separar residuos en origen 44
8. Regla para decisión de la curva de Kuznets 49
9. Evaluación empírica de la Curva Ambiental de Kuznets para residuos sólidos urbanos.49
10. Prueba de Curva Ambiental de Kuznets y punto de giro 50
11. Predicción de residuos según niveles de ingreso.....51

RESUMEN

La presente investigación tuvo como propósito analizar los factores socioeconómicos asociados a la generación y reciclaje de residuos sólidos urbanos en los hogares de Sullana, incorporando además el enfoque de la Curva Ambiental de Kuznets para evaluar la relación entre ingreso y generación de residuos. El estudio se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo, de diseño no experimental y de corte transversal. Se analizó información correspondiente a 383 hogares, considerando variables como generación semanal de residuos, ingreso, tamaño del hogar, nivel educativo, ocupación, conciencia ambiental, acceso al servicio, frecuencia de recolección, percepción del servicio e información sobre reciclaje. Para el análisis econométrico se estimaron modelos de Mínimos Cuadrados Ordinarios con errores estándar robustos, modelos Logit y Probit para la práctica de reciclaje, y un modelo cuadrático para evaluar la existencia de una Curva Ambiental de Kuznets. Los resultados muestran que la generación semanal de residuos sólidos urbanos se encuentra asociada principalmente con el tamaño del hogar, el ingreso y la conciencia ambiental. Los hogares más numerosos y con mayores ingresos tienden a generar más residuos, mientras que una mayor conciencia ambiental se relaciona con una menor generación. Asimismo, el modelo Probit reducido evidenció que la probabilidad de reciclar o separar residuos en origen aumenta con la conciencia ambiental, la información sobre reciclaje, la frecuencia de recolección, la percepción del servicio y la educación superior técnica. Finalmente, se encontró evidencia parcial compatible con la Curva Ambiental de Kuznets, debido a que el ingreso presentó signo positivo y su término cuadrático signo negativo; sin embargo, el punto de giro estimado se ubicó fuera del rango de ingresos observado, por lo que no se confirma plenamente dicha curva en el contexto local. En conclusión, la gestión de residuos sólidos urbanos en Sullana requiere fortalecer la conciencia ambiental, la información ciudadana y la separación en origen, considerando las características socioeconómicas de los hogares.

Palabras clave: residuos sólidos urbanos, reciclaje, hogares, conciencia ambiental, Curva Ambiental de Kuznets.

V°B°
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN FCEA

UNIVERSIDAD NACIONAL DE FRONTERA
V° B°

I. INTRODUCCIÓN

La gestión de los residuos sólidos urbanos constituye uno de los principales desafíos ambientales, sanitarios y económicos de las ciudades contemporáneas, especialmente en contextos de urbanización acelerada, crecimiento del consumo y limitada capacidad institucional para la recolección, valorización y disposición final. A escala global, el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente advierte que la generación de residuos sólidos municipales podría aumentar de 2.1 mil millones de toneladas en 2023 a 3.8 mil millones de toneladas en 2050, lo que evidencia la necesidad de transitar hacia modelos de gestión basados en prevención, valorización, reciclaje y economía circular (PNUMA, 2024). Este problema no solo implica mayores costos operativos para los gobiernos locales, sino también externalidades negativas asociadas a contaminación del suelo, emisiones de gases de efecto invernadero, afectación paisajística y riesgos para la salud pública (UNEP, 2024).

En el Perú, la problemática de los residuos sólidos mantiene una alta relevancia pública. Según el Ministerio del Ambiente, durante 2024 se generaron 8 994 762 toneladas de residuos sólidos, equivalentes a un promedio de 24 643 toneladas diarias. No obstante, solo el 2.8% de dicho total fue valorizado, lo cual refleja una brecha persistente entre la cantidad de residuos generados y la capacidad efectiva de reaprovechamiento del sistema municipal. Asimismo, Piura se ubicó entre los departamentos con mayor generación diaria de residuos sólidos, con aproximadamente 1 402 toneladas por día, después de Lima y La Libertad (Ministerio del Ambiente [MINAM], 2025). Esta situación muestra que la gestión de residuos no es únicamente un problema metropolitano, sino también una preocupación creciente para ciudades intermedias del norte del país (MINAM, 2025).

Desde una perspectiva institucional, la gestión municipal de residuos sólidos en el Perú enfrenta limitaciones vinculadas a cobertura, eficiencia, infraestructura y disposición final. Un estudio del Instituto Nacional de Estadística e Informática encontró que, aunque la cobertura urbana de recolección y transporte de residuos sólidos superaba el 87%, una proporción importante de residuos terminaba en botaderos municipales u otros destinos no especificados, lo que evidencia que el problema no se limita al recojo, sino también a la calidad ambiental del destino final y a la eficiencia de la gestión municipal (INEI, 2021). En esa misma línea, la literatura nacional destaca la necesidad de evaluar la gestión municipal

de residuos mediante indicadores económicos y ambientales, debido a la heterogeneidad de capacidades entre gobiernos locales (Orihuela, 2019).

En el ámbito regional, la evidencia empírica para Piura muestra que la gestión de residuos sólidos municipales presenta debilidades operativas y conductuales. Gonzáles et al. (2021), en un estudio aplicado a los distritos de Piura y Castilla, encontraron que el 63.8% de moradores percibía como precario el servicio de recolección de residuos; asimismo, reportaron niveles medios de cultura de segregación, reaprovechamiento y conciencia de reciclaje. Estos hallazgos son relevantes para el presente estudio, porque sugieren que el comportamiento ambiental de los hogares no depende únicamente de la disponibilidad del servicio municipal, sino también de factores socioeconómicos, percepciones ciudadanas y hábitos de separación en origen.

En el caso de Sullana, la problemática adquiere particular importancia debido a su crecimiento urbano, la presión sobre los servicios municipales y la necesidad de fortalecer las prácticas de reciclaje y valorización. La Municipalidad Provincial de Sullana aprobó el Plan Recicla 2025, elaborado por la Sub Unidad de Tratamiento y Disposición Final de Residuos Sólidos (MUNISULLANA, 2025), lo que evidencia la existencia de acciones institucionales orientadas a mejorar la gestión de residuos en la provincia. Sin embargo, para que estas intervenciones sean efectivas, se requiere evidencia empírica local que permita identificar qué características de los hogares se asocian con una mayor generación de residuos y qué factores incrementan o reducen la probabilidad de separar o reciclar en origen.

Desde el enfoque económico, la generación de residuos sólidos puede entenderse como una externalidad negativa derivada de las decisiones de consumo de los hogares. A mayor consumo, es esperable una mayor generación de residuos, aunque este vínculo puede variar según ingreso, educación, tamaño del hogar, hábitos ambientales, acceso al servicio de recolección y percepción sobre la utilidad del reciclaje. Asimismo, la hipótesis de la Curva Ambiental de Kuznets plantea que la relación entre ingreso y deterioro ambiental podría ser no lineal: en una primera etapa, el incremento del ingreso se asocia con mayor presión ambiental, mientras que, a partir de cierto umbral, dicha presión podría disminuir debido a cambios tecnológicos, mayor conciencia ambiental, regulación e instituciones más eficaces. Grossman Y Krueger (1995) desarrollaron este enfoque para analizar la relación entre crecimiento económico e indicadores ambientales, encontrando que algunos contaminantes

presentan una fase inicial de deterioro seguida de una fase posterior de mejora.

No obstante, aplicar la Curva Ambiental de Kuznets al análisis de residuos sólidos en hogares exige cautela metodológica. Dado que el presente estudio utiliza información primaria de corte transversal, los resultados permiten identificar asociaciones estadísticas entre ingreso, características socioeconómicas y generación de residuos, pero no autorizan afirmar efectos causales estrictos. En ese sentido, la presente investigación no busca demostrar causalidad, sino evaluar si los datos recolectados en hogares de Sullana muestran una relación no lineal compatible con la hipótesis de Kuznets ambiental, controlando por variables socioeconómicas y perceptivas relevantes.

En este contexto, la presente investigación tiene como objetivo general analizar los factores socioeconómicos asociados a la generación y reciclaje de residuos sólidos urbanos en los hogares de la ciudad de Sullana durante el año 2025, así como evaluar la existencia de una relación no lineal tipo Curva Ambiental de Kuznets entre el ingreso del hogar y la cantidad de residuos generados. De manera específica, el estudio busca: identificar los determinantes socioeconómicos asociados a la cantidad de residuos generados por los hogares; examinar los factores socioeconómicos y perceptivos vinculados con la práctica de reciclaje o separación en origen; y estimar empíricamente la relación entre ingreso del hogar y generación de residuos sólidos urbanos.

La investigación se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo, con diseño no experimental y transversal, utilizando información primaria obtenida mediante encuestas estructuradas aplicadas a hogares urbanos de Sullana. El análisis empírico se organizó en función de los objetivos específicos del estudio: para la generación de residuos se emplearon modelos de regresión; para la práctica de reciclaje o separación en origen se utilizaron modelos de elección binaria, como Logit o Probit; y para evaluar la hipótesis tipo Curva Ambiental de Kuznets se estimó una especificación cuadrática del ingreso del hogar. Este diseño metodológico permite generar evidencia local útil para orientar estrategias municipales de educación ambiental, segregación en fuente, reciclaje y valorización de residuos sólidos.

En consecuencia, el estudio responde a tres preguntas centrales: ¿qué factores socioeconómicos se asocian con la cantidad de residuos sólidos urbanos generados por los hogares de Sullana?; ¿qué características de los hogares y percepciones ciudadanas se relacionan con la práctica de reciclaje o separación en origen?; y ¿existe evidencia empírica

de una relación no lineal entre ingreso del hogar y generación de residuos sólidos urbanos compatible con la hipótesis de la Curva Ambiental de Kuznets? Estas preguntas se encuentran alineadas con el Plan de Trabajo de Investigación Formativa aprobado para el semestre académico 2025-I y con el objetivo de fortalecer las competencias investigativas de los estudiantes mediante la aplicación de herramientas econométricas a un problema ambiental local.

1.1. OBJETIVOS

1.1.1. Objetivo general

Analizar los factores socioeconómicos que inciden en la generación y el reciclaje de residuos sólidos urbanos en los hogares de la ciudad de Sullana durante el año 2025, y estimar la posible existencia de una Curva Ambiental de Kuznets que relacione el ingreso con la cantidad de residuos generados.

1.1.2. Objetivos específicos

a. Identificar los determinantes socioeconómicos que explican la cantidad de residuos sólidos urbanos generados en los hogares de Sullana en 2025.

b. Examinar los factores socioeconómicos y perceptivos que influyen en la práctica de reciclaje o separación de residuos en origen por parte de los hogares.

c. Estimar empíricamente la relación entre el nivel de ingreso y la generación de residuos sólidos urbanos, evaluando la existencia de una Curva Ambiental de Kuznets en el contexto local.

II. MARCO TEÓRICO O REFERENCIAL

2.1. Revisión de literatura relevante y antecedentes

La generación y gestión de residuos sólidos urbanos constituye una línea de investigación cada vez más relevante dentro de la economía ambiental, la gestión pública local y los estudios de comportamiento ambiental de los hogares. La evidencia reciente muestra que la cantidad de residuos generados y la probabilidad de reciclar o separar residuos en origen no dependen únicamente de factores técnicos o municipales, sino también de variables socioeconómicas, demográficas, institucionales y conductuales. En el caso de la presente investigación, esta revisión permite sustentar el análisis de los factores asociados a la generación y reciclaje de residuos sólidos urbanos en hogares de Sullana, así como la evaluación de una posible relación no lineal entre ingreso del hogar y generación de residuos, compatible con la hipótesis de la Curva Ambiental de Kuznets.

2.1.1. Antecedentes internacionales

Zhao et al. (2021) realizaron un estudio empírico sobre los factores que afectan la generación y gestión de residuos sólidos en hogares de Sri Lanka. El objetivo fue examinar cómo variables relacionadas con la gestión de residuos —conocimiento, motivación, tiempo, conciencia, contribución y actitudes— inciden sobre la generación semanal de residuos, controlando por factores socioeconómicos como tamaño familiar, ingreso mensual, educación y ocupación. La metodología se basó en mediciones del peso de residuos generados por los hogares durante una semana, complementadas con información socioeconómica. Los resultados mostraron que el tamaño familiar y el ingreso mensual se asocian positivamente con el peso de residuos generados, mientras que algunas variables ocupacionales se relacionan negativamente con la generación de residuos. Este antecedente es relevante para el presente estudio porque confirma que el ingreso y el tamaño del hogar son variables centrales para explicar la cantidad de residuos generados a nivel domiciliario.

Fadhullah et al. (2022) analizaron las prácticas y percepciones de gestión de residuos sólidos en hogares de la costa este de Malasia. El objetivo fue identificar las prácticas de disposición, segregación y percepción ciudadana sobre el manejo de residuos sólidos. La investigación utilizó un diseño transversal con encuesta estructurada aplicada a

hogares y análisis estadístico mediante pruebas de asociación. Los resultados mostraron que el 50.3% de los hogares segregaba sus residuos, mientras que el 49.7% no lo hacía; además, la segregación se relacionó con características como localidad, edad y tipo de vivienda. Este antecedente aporta evidencia directa sobre la importancia de las percepciones, la conciencia ambiental y las características del hogar en las prácticas de separación de residuos.

Brown (2024) en un documento de trabajo de la OCDE, estudió las prácticas de residuos de los hogares y sus implicancias para el diseño de políticas orientadas a comportamientos sostenibles. El estudio se basó en evidencia empírica internacional sobre decisiones de consumo, reciclaje y reducción de residuos. Sus resultados sugieren que las políticas públicas pueden modificar comportamientos domésticos cuando reducen costos de transacción, facilitan infraestructura de reciclaje y generan incentivos adecuados para el consumo sostenible. La relevancia de este antecedente para la presente investigación radica en que permite comprender el reciclaje domiciliario no solo como una decisión individual, sino como una respuesta condicionada por la disponibilidad de servicios, información, infraestructura y señales institucionales.

En conjunto, la literatura internacional reciente muestra que la generación de residuos sólidos urbanos se relaciona positivamente con el tamaño familiar, el ingreso y los patrones de consumo; mientras que la práctica de reciclaje depende de la información, la conciencia ambiental, la infraestructura disponible y la confianza en el sistema de gestión. Estos elementos son consistentes con el planteamiento del presente estudio, que incorpora variables socioeconómicas y perceptivas para explicar tanto la generación de residuos como la separación en origen.

2.1.2. Antecedentes latinoamericanos

Armenta-Vergara (2025) analizó los determinantes del reciclaje en hogares de Colombia, utilizando información de la Encuesta de Calidad de Vida 2023. El estudio empleó modelos Probit estándar, multinivel y multivariado para evaluar el efecto de factores socioeconómicos, demográficos y territoriales sobre la conducta de reciclaje. Los resultados destacan la importancia del ingreso del hogar, la conectividad digital, el acceso a servicios y las actitudes proambientales en la probabilidad de reciclar. Este antecedente es especialmente relevante porque utiliza modelos de elección discreta

similares a los propuestos en la presente investigación y demuestra que el reciclaje domiciliario depende tanto de condiciones económicas como de factores territoriales e institucionales.

Henao-Rodríguez et al. (2024) estudiaron los factores que influyen en la conciencia ambiental y las prácticas de gestión de residuos sólidos en Bogotá, aplicando técnicas de aprendizaje automático. El objetivo fue identificar variables relevantes para explicar comportamientos ambientales urbanos y contribuir al diseño de políticas públicas de educación y gestión ambiental. Los resultados señalan que las prácticas de gestión de residuos están vinculadas con factores sociodemográficos, geográficos, actitudinales, disponibilidad de infraestructura y confianza en el proceso de reciclaje. Este antecedente aporta al presente estudio porque refuerza la importancia de incorporar variables perceptivas y de acceso al servicio municipal, no solo variables económicas tradicionales.

Hidalgo-Crespo et al. (2024) desarrollaron un estudio sobre generación de residuos domiciliarios y patrones espaciales en el Área Metropolitana de Guayaquil, Ecuador. La investigación utilizó estudios de campo, medición directa de residuos en hogares y herramientas de sistemas de información geográfica. Su objetivo fue construir un marco para predecir cantidades y tipos de residuos reciclables en un contexto urbano latinoamericano. Los resultados muestran la utilidad de combinar mediciones domiciliarias con variables espaciales para mejorar la planificación municipal del reciclaje y la recolección. Este antecedente es pertinente porque evidencia la importancia de estudiar la generación de residuos a escala local, considerando diferencias territoriales y composición de residuos.

La evidencia latinoamericana reciente confirma que la gestión de residuos sólidos urbanos requiere enfoques integrales. Los hogares toman decisiones ambientales dentro de contextos institucionales y territoriales específicos; por tanto, el reciclaje y la generación de residuos no pueden explicarse únicamente por ingreso o educación. También intervienen la disponibilidad de servicios, la confianza en las instituciones, la información ambiental, los hábitos de consumo y la infraestructura municipal.

2.1.3. Antecedentes nacionales

Padilla-Vento y Soria (2025) evaluaron estadísticamente la generación de residuos sólidos domiciliarios en hogares peruanos durante el periodo 2014–2021. El estudio utilizó información de los departamentos del Perú y aplicó técnicas estadísticas multivariadas para analizar patrones de generación de residuos sólidos. Los autores reportan que la población y la escala urbana explican una proporción considerable de la variación en la producción de residuos. Este antecedente resulta relevante porque aporta evidencia nacional sobre la heterogeneidad departamental en la generación de residuos y respalda la necesidad de realizar estudios específicos en ciudades intermedias como Sullana.

López (2025) estudió los determinantes socioeconómicos de la eficiencia de la gestión municipal de residuos sólidos en la región San Martín, Perú. La investigación utilizó un enfoque cuantitativo, con análisis envolvente de datos y modelo Tobit para identificar factores asociados a la eficiencia municipal. Los resultados muestran que el índice de desarrollo humano y la pobreza extrema inciden significativamente en la eficiencia de la gestión municipal de residuos sólidos. Aunque el nivel de análisis es municipal y no domiciliario, este estudio es útil porque evidencia que la gestión de residuos en el Perú depende de capacidades institucionales y condiciones socioeconómicas territoriales.

Yactayo-Flores et al. (2025) analizaron el agrupamiento de distritos de la provincia de Lima según niveles de residuos sólidos orgánicos e inorgánicos domiciliarios aprovechables. El estudio encontró patrones diferenciados de generación según tipo de residuo y características territoriales. Este antecedente resulta importante porque confirma que el análisis de residuos sólidos debe considerar no solo la cantidad generada, sino también su composición y potencial de valorización.

Desde la perspectiva institucional, el Ministerio del Ambiente informó que durante 2024 las municipalidades peruanas incrementaron la valorización de residuos sólidos. Asimismo, el Programa de Incentivos promovido por el MINAM considera la segregación en fuente, la recolección selectiva y la valorización de residuos orgánicos e inorgánicos como componentes centrales de la gestión municipal. Esta información es relevante porque muestra que el reciclaje y la valorización son prioridades de política pública en el Perú, pero aún requieren mayor participación de hogares y gobiernos

V°B°
UNIVERSIDAD NACIONAL DE FRONTERA V° B°

locales.

En síntesis, los antecedentes nacionales recientes coinciden en tres aspectos: primero, la generación de residuos presenta diferencias territoriales relevantes; segundo, el ingreso y la estructura socioeconómica se relacionan con la cantidad y composición de residuos; y tercero, la gestión municipal requiere fortalecer la segregación en fuente, la valorización y la participación ciudadana.

2.1.4. Antecedentes regionales y locales

Gonzáles Tomiyama et al. (2021) estudiaron la gestión actual de residuos sólidos en los distritos de Piura y Castilla. El objetivo fue caracterizar el manejo municipal de residuos sólidos, considerando dimensiones como servicio de transporte, recolección, seguridad, compromiso municipal, segregación, reciclaje, reaprovechamiento y conciencia de reciclaje. La investigación utilizó un enfoque cuantitativo, diseño no experimental y una encuesta aplicada a 384 residentes. Los resultados evidenciaron debilidades en la gestión municipal, percepción de precariedad en algunos componentes del servicio, problemas con horarios de recolección, limpieza pública y reciclaje no autorizado. Este antecedente es particularmente relevante porque se ubica en la región Piura y muestra que la gestión de residuos sólidos en ciudades del norte peruano presenta limitaciones tanto operativas como conductuales.

A nivel local, la Municipalidad Provincial de Sullana aprobó mediante Resolución de Alcaldía N.° 0271-2025-MPS el Plan Recicla 2025, elaborado por la Sub Unidad de Tratamiento y Disposición Final de Residuos Sólidos. Asimismo, el Programa RECICLA busca reducir la cantidad de residuos enviados al relleno sanitario y valorizar materiales reciclables mediante la participación de viviendas, establecimientos comerciales e instituciones públicas y privadas. Este antecedente institucional muestra que Sullana cuenta con iniciativas orientadas a la valorización y reciclaje; sin embargo, para fortalecer estas políticas se requiere evidencia empírica sobre los factores que influyen en la conducta ambiental de los hogares.

En consecuencia, el presente estudio se justifica porque aporta evidencia local sobre la relación entre características socioeconómicas del hogar, generación de residuos y prácticas de reciclaje en Sullana. A diferencia de estudios centrados exclusivamente en

la gestión municipal, esta investigación pone énfasis en el comportamiento de los hogares y en la posible relación no lineal entre ingreso y generación de residuos sólidos urbanos.

2.2. Fundamentos teóricos que respaldan la investigación

2.2.1. Teoría de las externalidades ambientales

La generación de residuos sólidos urbanos puede analizarse desde la teoría económica de las externalidades. Una externalidad ocurre cuando la acción de un agente económico genera costos o beneficios sobre terceros que no son internalizados en sus decisiones privadas. En el caso de los hogares, el consumo de bienes y servicios produce residuos como subproducto. Si el hogar no asume plenamente los costos ambientales, sanitarios y municipales derivados de esos residuos, se genera una externalidad negativa.

Desde una formulación sencilla, el costo privado del hogar puede expresarse como:

$$CP_i = C_i \tag{1}$$

donde CP_i representa el costo privado del hogar i, mientras que C_i representa el costo asumido directamente por dicho hogar.

Sin embargo, cuando el consumo genera residuos que afectan al ambiente, al municipio o a otros ciudadanos, aparece un costo externo ambiental. En ese caso, el costo social total se expresa como:

$$CS_i = C_i + CE_i \tag{2}$$

donde CS_i representa el costo social total generado por el hogar i, y CE_i representa el costo externo ambiental asociado a los residuos generados.

Si el costo externo ambiental es positivo: $CE_i > 0$, entonces se cumple que: $CS_i > CP_i$

Esto significa que el costo social de la generación de residuos supera el costo privado percibido por el hogar. En términos económicos, el hogar puede generar más residuos

de lo socialmente deseable porque no enfrenta el costo total de sus decisiones de consumo. Esta diferencia justifica la intervención pública mediante instrumentos como educación ambiental, regulación municipal, segregación obligatoria, incentivos al reciclaje, pago por generación, recolección selectiva o mecanismos de valorización.

En el marco peruano, la gestión integral de residuos sólidos reconoce procesos como segregación, almacenamiento, recolección, valorización, transporte, tratamiento y disposición final. Además, la segregación debe realizarse en la fuente o en infraestructura autorizada de valorización, lo cual convierte al hogar en un actor central del sistema de gestión de residuos.

Para la presente investigación, esta teoría permite fundamentar que la generación de residuos sólidos urbanos no es únicamente una decisión doméstica privada, sino un fenómeno con efectos ambientales y sociales. Por ello, variables como ingreso, educación, tamaño del hogar, conciencia ambiental y acceso al servicio de recolección pueden modificar la magnitud de la externalidad generada por cada hogar.

2.2.2. Modelo microeconómico del consumo y generación de residuos

Desde la microeconomía del consumidor, los hogares toman decisiones de consumo buscando maximizar su utilidad, sujetos a una restricción presupuestaria. En el contexto de residuos sólidos, el consumo de bienes genera residuos como subproducto, mientras que las acciones ambientales —como separar, reciclar o reutilizar— pueden reducir la cantidad de residuos enviados al sistema municipal o incrementar su valorización.

Una representación básica de la decisión del hogar puede expresarse como:

$$\max U_i = U\left(C_i, A_i\right) \tag{2}$$

sujeto a:

$$P_C C_i + P_A A_i \leq Y_i \tag{3}$$

donde U_i representa la utilidad del hogar i; C_i, el consumo de bienes que generan

residuos; A_i, las acciones ambientales o prácticas de reciclaje; Y_i, el ingreso del hogar; P_C, el precio de los bienes de consumo; y P_A, el costo monetario, de tiempo o esfuerzo asociado a reciclar.

La intuición económica es la siguiente. Si el ingreso del hogar aumenta, puede incrementarse el consumo de bienes empaquetados, alimentos procesados, productos desechables y otros bienes generadores de residuos. Por tanto, es razonable esperar una relación positiva inicial entre ingreso y generación de residuos. Sin embargo, hogares con mayor educación o mayor conciencia ambiental pueden adoptar prácticas de separación, reutilización o reciclaje que reduzcan la cantidad de residuos no valorizados.

La generación de residuos sólidos puede representarse como:

$$RSU_i = f\left(C_i, n_i, H_i, Z_i\right) \tag{4}$$

donde RSU_i representa la cantidad de residuos sólidos generados por el hogar i; C_i, el nivel de consumo del hogar; n_i, el tamaño del hogar; H_i, las características socioeconómicas del hogar; y Z_i, los hábitos ambientales y el acceso a servicios municipales.

A partir de esta función, se espera que hogares con mayor número de integrantes generen más residuos totales. No obstante, si se analiza la generación per cápita, el efecto del tamaño del hogar puede ser menor debido a economías de escala en el consumo doméstico. Por ejemplo, un hogar de cinco integrantes puede generar más residuos totales que un hogar unipersonal, pero no necesariamente más residuos por persona.

La educación también tiene un papel ambiguo. Por un lado, hogares con mayor educación pueden tener mayor consumo y, por tanto, generar más residuos. Por otro lado, también pueden tener mayor información ambiental, mayor disposición a reciclar y mejores prácticas de consumo responsable. Por ello, el efecto empírico de la educación sobre la generación de residuos debe estimarse y no asumirse de manera mecánica.

V°B° UNIVERSIDAD NACIONAL DE FRONTERA
V° B° UNIVERSIDAD NACIONAL DE FRONTERA

2.2.3. Economía del comportamiento ambiental

La economía del comportamiento ambiental plantea que las decisiones ambientales de los hogares no dependen únicamente del ingreso, los precios o la educación formal. También intervienen normas sociales, hábitos, percepción de eficacia individual, confianza en las instituciones, disponibilidad de información, costos de tiempo, infraestructura de reciclaje y expectativas sobre el destino final de los residuos.

Stern (2000) sostiene que el comportamiento ambientalmente significativo se explica por una combinación de factores actitudinales, contextuales y personales. Esto significa que una persona puede tener conciencia ambiental, pero no reciclar si no dispone de contenedores, recolección selectiva o confianza en que los residuos separados serán realmente valorizados. En consecuencia, el reciclaje no debe analizarse solo como una preferencia individual, sino como una decisión condicionada por el entorno institucional y operativo.

En términos aplicados, la probabilidad de que un hogar recicle puede depender de:

$$Recicla_i = f\left(Educacion_i, Ingreso_i, Conciencia_i, Informacion_i, Acceso_i, Confianza_i\right) \quad (5)$$

donde $Recicla_i$ representa la decisión del hogar i de reciclar o separar residuos en origen; $Educacion_i$, el nivel educativo del jefe o representante del hogar; $Ingreso_i$, el ingreso mensual del hogar; $Conciencia_i$, el nivel de conciencia ambiental; $Informacion_i$, el conocimiento sobre reciclaje o segregación; $Acceso_i$, la disponibilidad del servicio de recolección o puntos de acopio; y $Confianza_i$, la confianza en que el residuo separado será aprovechado.

La evidencia internacional reciente confirma que la separación en origen aumenta cuando existen programas adecuados, infraestructura accesible y mayor percepción de beneficios ambientales. En América Latina, estudios recientes para Colombia y Bogotá muestran que la conducta de reciclaje está asociada con ingreso, acceso a servicios, actitudes proambientales, disponibilidad de infraestructura y confianza en el proceso de reciclaje.

V°B° UNIDAD DE INVESTIGACIÓN FCEA

UNIVERSIDAD NACIONAL DE FRONTERA V° B°

Para el caso de Sullana, este enfoque es pertinente porque permite incorporar variables perceptivas en el modelo econométrico. No basta con preguntar si el hogar tiene ingresos altos o bajos; también importa saber si conoce el programa de reciclaje, si separa residuos en origen, si percibe que el servicio municipal es adecuado y si considera útil su participación.

2.2.4. Curva Ambiental de Kuznets aplicada a residuos sólidos urbanos

La hipótesis de la Curva Ambiental de Kuznets sostiene que la relación entre ingreso y deterioro ambiental puede ser no lineal. En una primera etapa, el aumento del ingreso incrementa el consumo, la producción y la presión ambiental. Sin embargo, a partir de cierto umbral, mayores niveles de ingreso pueden estar asociados con mejores tecnologías, mayor regulación, mayor educación ambiental y mayor demanda social por calidad ambiental. Grossman y Krueger (1995) desarrollaron este enfoque al analizar la relación entre crecimiento económico e indicadores ambientales, encontrando que algunos contaminantes no aumentaban indefinidamente con el ingreso, sino que podían presentar una trayectoria de U invertida.

Aplicada al caso de residuos sólidos urbanos, la hipótesis sugiere que, en hogares de bajos ingresos, la generación de residuos puede ser relativamente baja debido al menor nivel de consumo. En hogares de ingresos medios, la generación puede aumentar por mayor consumo de bienes empaquetados, alimentos industrializados y productos descartables. En hogares de ingresos más altos, la generación podría estabilizarse o disminuir si existen mejores hábitos ambientales, mayor capacidad de pago por servicios limpios, mayor educación y prácticas de reciclaje.

El modelo econométrico básico para evaluar esta relación puede expresarse como:

$$RSU_i = \alpha_0 + \alpha_1 \ln(Y_i) + \alpha_2 [\ln(Y_i)]^2 + \gamma X_i + \mu_i \quad (6)$$

donde RSU_i representa la cantidad de residuos sólidos generados por el hogar i; Y_i, el ingreso mensual del hogar; $\ln(Y_i)$, el logaritmo natural del ingreso; $[\ln(Y_i)]^2$, el término cuadrático del ingreso; X_i, el vector de variables de control; γ, el vector de parámetros asociado a las variables de control; y μ_i, el término de error.

La interpretación de los coeficientes es central. Si se cumple que:

$$\alpha_1 > 0 \text{y} \alpha_2 < 0 \tag{7}$$

entonces existe evidencia compatible con una relación tipo U invertida. Es decir, la generación de residuos aumenta con el ingreso hasta cierto punto y luego tiende a disminuir.

Si se cumple que:

$$\alpha_1 \langle 0 \text{y} \alpha_2 \rangle 0 \tag{8}$$

la relación sería tipo U, lo que implica que la generación de residuos disminuye inicialmente con el ingreso y luego aumenta.

Si el coeficiente α_2 no es estadísticamente significativo, no existe evidencia robusta de no linealidad. En ese caso, no sería metodológicamente correcto afirmar la existencia de una Curva Ambiental de Kuznets.

El punto de inflexión se obtiene derivando la función respecto al logaritmo del ingreso:

$$\frac{\partial RSU_i}{\partial \ln(Y_i)} = \alpha_1 + 2\alpha_2 \ln(Y_i) \tag{9}$$

En el punto de máximo o mínimo, la derivada es igual a cero:

$$\alpha_1 + 2\alpha_2 \ln(Y^*) = 0 \tag{10}$$

Despejando el logaritmo del ingreso crítico:

$$\ln(Y^*) = -\frac{\alpha_1}{2\alpha_2} \tag{11}$$





En términos de ingreso monetario, se aplica la función exponencial:

$$Y^* = \exp(|\frac{\alpha_1}{2\alpha_2}) \tag{12}$$

donde Y^* representa el nivel de ingreso del hogar a partir del cual la relación entre ingreso y generación de residuos cambia de dirección.

Este punto de inflexión solo tiene sentido económico si se cumplen tres condiciones: primero, que los coeficientes α_1 y α_2 sean estadísticamente significativos; segundo, que el signo de los coeficientes sea coherente con la forma esperada; y tercero, que el ingreso crítico Y^* se encuentre dentro del rango observado de ingresos de la muestra.

Debe precisarse que, al tratarse de un estudio no experimental y transversal, la estimación no permite afirmar un impacto causal del ingreso sobre la generación de residuos. La interpretación correcta es que se evalúa si existe una asociación estadística no lineal entre ingreso del hogar y generación de residuos sólidos urbanos, condicionada por variables socioeconómicas y perceptivas.

2.2.5. Modelos econométricos para generación y reciclaje de residuos

El primer objetivo específico de la investigación busca identificar los determinantes socioeconómicos asociados a la cantidad de residuos sólidos urbanos generados por los hogares. Para ello, puede emplearse un modelo de regresión lineal múltiple:

$$\begin{aligned} RSU_i = {} & \beta_0 + \beta_1 Ingreso_i + \beta_2 Educacion_i \\ & + \beta_3 TamanoHogar_i + \beta_4 Edad_i \\ & + \beta_5 Conciencia_i + \beta_6 Acceso_i + \varepsilon_i \end{aligned} \tag{13}$$

donde RSU_i representa la cantidad de residuos generados por el hogar i; $Ingreso_i$, el ingreso mensual del hogar; $Educacion_i$, el nivel educativo del jefe o representante del hogar; $TamanoHogar_i$, el número de integrantes del hogar; $Edad_i$, la edad del jefe o representante del hogar; $Conciencia_i$, el indicador de conciencia ambiental; $Acceso_i$, el acceso al servicio de recolección o reciclaje; y ε_i, el término de error.

El coeficiente β_1 mide la asociación entre ingreso y generación de residuos, manteniendo constantes las demás variables. Se espera que β_1 sea positivo si el mayor ingreso se traduce en mayor consumo y, por tanto, mayor generación de residuos. El coeficiente β_2 puede ser negativo si la educación promueve prácticas de consumo responsable, aunque también podría ser positivo si hogares más educados tienen mayores niveles de consumo. El coeficiente β_3 se espera positivo en residuos totales, porque hogares más numerosos tienden a generar más residuos.

Para el segundo objetivo específico, relacionado con la práctica de reciclaje o separación en origen, corresponde utilizar un modelo de elección binaria, porque la variable dependiente toma dos valores:

$$Recicla_i = \begin{cases} 1, & \text{si el hogar recicla o separa residuos en origen} \\ 0, & \text{si el hogar no recicla o no separa residuos en origen} \end{cases} \tag{14}$$

La especificación general es:

$$P\left(Recicla_i = 1 \mid X_i\right) = F\left(\begin{array}{l} \beta_0 + \beta_1 Ingreso_i + \beta_2 Educacion_i \\ \quad + \beta_3 TamanoHogar_i + \beta_4 Conciencia_i \\ \quad + \beta_5 Acceso_i + \beta_6 Frecuencia_i \end{array}\right) \tag{15}$$

donde $P\left(Recicla_i = 1 \mid X_i\right)$ representa la probabilidad de que el hogar i recicle o separe residuos, dado el conjunto de características X_i; $F(.)$ puede ser la función logística acumulada en el modelo Logit o la función normal acumulada en el modelo Probit.

En el caso del modelo Logit, la probabilidad se expresa como:

$$P_i = \frac{\exp\left(X_i\beta\right)}{1+\exp\left(X_i\beta\right)} \tag{16}$$

o, de manera equivalente:

$$P_i = \frac{1}{1+\exp(-X_i\beta)} \tag{17}$$

donde P_i representa la probabilidad estimada de que el hogar i recicle; X_i, el vector de variables explicativas del hogar; y β, el vector de parámetros estimados.

Los coeficientes del modelo Logit no se interpretan directamente como cambios en puntos porcentuales de probabilidad. Para interpretar magnitudes se deben calcular efectos marginales. Para una variable continua X_k, el efecto marginal en el modelo Logit es:

$$\frac{\partial P_i}{\partial X_{ki}} = \beta_k P_i(1-P_i) \tag{18}$$

donde $\partial P_i / \partial X_{ki}$ representa el cambio marginal en la probabilidad de reciclar ante un cambio en la variable X_k; β_k, el coeficiente estimado de dicha variable; y $P_i(1-P_i)$, el factor de ajuste propio del modelo Logit.

La interpretación económica debe realizarse en puntos porcentuales. Por ejemplo, si el efecto marginal promedio de la educación es 0.08, ello significa que un mayor nivel educativo se asocia con un incremento de 8 puntos porcentuales en la probabilidad de reciclar, manteniendo constantes las demás variables.

Si se utiliza un modelo Probit, la probabilidad de reciclar se expresa como:

$$P(Recicla_i = 1 | X_i) = \Phi(X_i\beta) \tag{19}$$

donde $\Phi(.)$ representa la función de distribución acumulada normal estándar.

En el modelo Probit, el efecto marginal para una variable continua X_k se calcula como:

$$\frac{\partial P_i}{\partial X_{ki}} = \phi(X_i\beta)\beta_k \tag{20}$$

donde $\phi(.)$ representa la función de densidad normal estándar, y β_k representa el coeficiente estimado de la variable X_k.

En todos los modelos se recomienda aplicar errores estándar robustos frente a heterocedasticidad, revisar multicolinealidad mediante el factor de inflación de varianza, evaluar la significancia individual y conjunta de los regresores y realizar pruebas de sensibilidad con especificaciones alternativas. En el modelo Logit o Probit, además, debe reportarse una medida de bondad de ajuste, matriz de clasificación o indicadores complementarios, sin confundirlos con causalidad.

2.3. Definiciones conceptuales y operativas

2.3.1. Residuos sólidos urbanos

Conceptualmente, los residuos sólidos urbanos son materiales descartados provenientes de actividades humanas cotidianas, principalmente domiciliarias, comerciales, institucionales y de servicios urbanos. La OPS señala que los residuos sólidos son subproductos inevitables de la actividad humana y que su gestión adecuada es esencial para la salud pública, el saneamiento y la sostenibilidad ambiental. En América Latina y el Caribe se genera aproximadamente un kilogramo de residuos por habitante al día, lo que evidencia la magnitud urbana del problema.

Operativamente, en esta investigación los residuos sólidos urbanos se entienden como los residuos generados por los hogares encuestados de Sullana como resultado de sus actividades diarias de consumo, alimentación, limpieza y uso de bienes domésticos.

Su medición puede realizarse mediante kilogramos por día, kilogramos por semana o número aproximado de bolsas generadas semanalmente, según la información disponible en la encuesta.

2.3.2. Generación de residuos sólidos

La generación de residuos sólidos se refiere a la cantidad de residuos producidos por un hogar en un periodo determinado. Desde el enfoque económico, esta generación es un subproducto del consumo doméstico y depende del ingreso, tamaño del hogar, hábitos de consumo, composición familiar, educación y prácticas ambientales.

Operativamente, la generación de residuos se mide como la cantidad declarada o estimada de residuos producidos por el hogar. En el modelo econométrico, funciona como variable dependiente continua cuando se analiza la cantidad de residuos generados.

2.3.3. Reciclaje y separación en origen

El reciclaje es el proceso mediante el cual ciertos residuos son recuperados, transformados o reincorporados a procesos productivos. La separación en origen, por su parte, consiste en clasificar los residuos en el lugar donde se generan, es decir, en el hogar, antes de su recolección o disposición.

En el Perú, la normativa de residuos sólidos establece que el generador municipal debe realizar la segregación de sus residuos de acuerdo con sus características físicas, químicas y biológicas, con el fin de facilitar su acondicionamiento, valorización o disposición final.

Operativamente, en esta investigación la variable reciclaje o separación en origen se mide como una variable binaria:

$$Recicla_i = \begin{cases} 1, & \text{si el hogar separa o recicla residuos} \\ 0, & \text{si el hogar no separa ni recicla residuos} \end{cases} \quad (21)$$

2.3.4. Valorización de residuos sólidos

La valorización de residuos sólidos se refiere al aprovechamiento de residuos para generar valor económico, ambiental o energético. Puede incluir reciclaje de materiales inorgánicos, compostaje de residuos orgánicos, recuperación de materias primas o transformación de residuos en insumos para otras actividades.

El MINAM reportó que durante 2024 las municipalidades incrementaron la valorización de residuos sólidos a nivel nacional, lo que confirma que la valorización constituye una prioridad de política pública ambiental en el Perú.

Operativamente, en esta investigación la valorización se vincula con la práctica de separación o reciclaje en origen por parte de los hogares, pues sin segregación domiciliaria se reducen las posibilidades de recuperación efectiva de residuos

aprovechables.

2.3.5. Variables socioeconómicas del hogar

Las variables socioeconómicas son características observables del hogar o de su jefe/a que pueden explicar diferencias en la generación de residuos y en la probabilidad de reciclar. Entre las principales variables se consideran ingreso mensual, educación, ocupación, edad, tamaño del hogar y acceso a servicios municipales.

El ingreso del hogar se define como los recursos monetarios disponibles para consumo durante un periodo determinado. Operativamente, se mide en soles mensuales o en rangos de ingreso declarados en la encuesta.

La educación del jefe o representante del hogar se define como el máximo nivel educativo alcanzado. Operativamente, puede medirse como variable ordinal: primaria, secundaria, superior no universitaria, superior universitaria o posgrado.

El tamaño del hogar corresponde al número de integrantes que viven habitualmente en la vivienda. Operativamente, se mide como número de personas.

2.3.6. Conciencia ambiental y percepción ciudadana

La conciencia ambiental se refiere al conocimiento, preocupación y disposición de los individuos frente a los problemas ambientales. En el caso de residuos sólidos, implica reconocer que la mala disposición de residuos afecta la salud pública, el ambiente urbano y la calidad de vida.

Operativamente, puede medirse mediante preguntas de encuesta sobre conocimiento de reciclaje, percepción de importancia de separar residuos, disposición a participar en programas municipales, preocupación por la contaminación y valoración del servicio de recolección.

La percepción ciudadana se refiere a la valoración subjetiva del hogar respecto a la calidad, frecuencia, confiabilidad y utilidad del servicio municipal de residuos sólidos. Esta variable es importante porque un hogar puede estar dispuesto a reciclar, pero dejar de hacerlo si percibe que el sistema municipal no recoge selectivamente o mezcla los residuos separados.

2.3.7. Curva Ambiental de Kuznets

La Curva Ambiental de Kuznets es una hipótesis que plantea una relación no lineal entre ingreso y deterioro ambiental. En su forma típica, sugiere que el deterioro ambiental aumenta en las primeras etapas del desarrollo económico, pero disminuye después de alcanzar cierto nivel de ingreso.

En esta investigación, la hipótesis se adapta al análisis de residuos sólidos urbanos. La variable ambiental es la cantidad de residuos generados por el hogar, y la variable económica central es el ingreso del hogar. La relación se estima mediante una especificación cuadrática del logaritmo del ingreso.

Operativamente, la hipótesis tipo Kuznets se evalúa mediante el modelo:

$$RSU_i = \alpha_0 + \alpha_1 \ln(Y_i) + \alpha_2 [\ln(Y_i)]^2 + \gamma X_i + \mu_i \quad (22)$$

Existe evidencia compatible con una curva tipo U invertida si: $\alpha_1 > 0 y \alpha_2 < 0$ y ambos coeficientes son estadísticamente significativos.

2.3.8. Definición operativa de variables del estudio

La definición operativa de las variables permite vincular el marco teórico con el análisis empírico. Para este estudio, las variables dependientes principales son la generación de residuos sólidos urbanos y la práctica de reciclaje o separación en origen. Las variables independientes incluyen ingreso, educación, tamaño del hogar, edad, conciencia ambiental, acceso al servicio de recolección y frecuencia de recolección.

La variable de generación de residuos se utiliza en modelos de regresión lineal o cuadrática. La variable reciclaje se utiliza en modelos Logit o Probit. Las variables de control permiten aislar parcialmente la asociación entre ingreso y residuos, evitando atribuir al ingreso diferencias que podrían explicarse por educación, tamaño del hogar o acceso al servicio.

V°B°
UNIVERSIDAD NACIONAL DE FRONTERA

III. METODOLOGÍA

3.1. Caracterización de la investigación

La investigación fue de tipo aplicada, porque buscó generar evidencia empírica útil para comprender un problema ambiental local y aportar información para la gestión municipal de residuos sólidos, la educación ambiental y el fortalecimiento de estrategias de reciclaje en los hogares urbanos de Sullana y Bellavista. Esta orientación es coherente con el Plan de Trabajo de Investigación Formativa, cuya meta fue identificar factores socioeconómicos asociados a la generación y reciclaje de residuos sólidos urbanos mediante encuestas, análisis econométrico y estimación de la Curva Ambiental de Kuznets (Creswell y Creswell, 2018).

El enfoque fue cuantitativo, debido a que se trabajó con información numérica obtenida mediante encuestas aplicadas a hogares y se utilizaron técnicas estadísticas y econométricas para analizar relaciones entre variables socioeconómicas, generación de residuos y prácticas de reciclaje. El enfoque cuantitativo permite medir variables observables, organizar datos y estimar asociaciones estadísticas entre fenómenos sociales, económicos y ambientales (Creswell & Creswell, 2018; Wooldridge, 2010).

El diseño fue no experimental y transversal. Fue no experimental porque no se manipuló ninguna variable ni se asignaron tratamientos a los hogares; las características socioeconómicas, perceptivas y ambientales fueron observadas tal como se presentaron en la realidad. Fue transversal porque la información se recolectó en un solo periodo del año 2025, lo cual permite describir y analizar asociaciones en un momento específico del tiempo (Hernández et al., 2014b; Wooldridge, 2010).

El alcance fue correlacional-explicativo en sentido estadístico, porque se buscó identificar variables asociadas a la generación de residuos sólidos urbanos y a la probabilidad de reciclar o separar residuos en origen. Sin embargo, por tratarse de un diseño no experimental y transversal, los resultados no se interpretan como impactos causales, sino como asociaciones estadísticas condicionadas a las variables incluidas en los modelos (Angrist y Pischke, 2008; Stock y Watson, 2020; Wooldridge, 2010).

3.2. Sujeto de investigación: población, muestra y muestreo

La unidad de análisis fue el hogar urbano, debido a que en el hogar se toman decisiones de

consumo, generación de residuos, disposición de desechos, separación en origen y participación en prácticas de reciclaje. Esta unidad de análisis es coherente con los objetivos del estudio, porque la investigación busca explicar el comportamiento ambiental de los hogares frente a la generación y manejo de residuos sólidos urbanos (Wooldridge, 2010).

La población de estudio estuvo conformada por el área urbana de los distritos de Sullana y Bellavista. De acuerdo con el Plan de Trabajo de Investigación Formativa, el ámbito urbano considerado asciende a 205 000 habitantes, distribuidos en 180 000 habitantes urbanos para Sullana y 25 000 habitantes urbanos para Bellavista. Asimismo, el plan registra una población rural de 22 000 habitantes y una población total de 227 000 habitantes para ambos distritos (INEI, 2024).

Tabla 1

Población beneficiaria considerada en la investigación

Distrito	Urbana	Rural	Total
Sullana	180 000	13 000	193 000
Bellavista	25 000	9 000	34 000
Total	205 000	22 000	227 000

Fuente: con base en INEI (2024).

El tamaño de la muestra se determinó mediante la fórmula para población finita, considerando una población urbana de referencia de 205 000 habitantes, nivel de confianza de 95%, margen de error de 5% y máxima variabilidad muestral, es decir, $p = 0.5$ y $q = 0.5$. El uso de $p = 0.5$ y $q = 0.5$ es adecuado cuando no se conoce previamente la proporción esperada del atributo de interés, porque maximiza la varianza y genera un tamaño de muestra conservador (Bartlett et al., 2001; Cochran, 1977).

$$n = \frac{NZ^2pq}{e^2(N-1)+Z^2pq} \quad (23)$$

Donde n representa el tamaño de muestra; N representa el tamaño de la población; Z representa el valor crítico asociado al nivel de confianza; p representa la proporción esperada de ocurrencia; $q = 1 - p$ representa la proporción complementaria; y e representa el

margen de error permitido. Para un nivel de confianza de 95%, el valor técnico correspondiente es $Z = 1.96$ (Cochran, 1977; Kotrlik & Higgins, 2001).

Reemplazando los valores de la investigación:

$$n = \frac{205000(1.96)^2(0.5)(0.5)}{(0.05)^2(205000-1)+(1.96)^2(0.5)(0.5)}$$
$$n = \frac{205000(3.8416)(0.25)}{0.0025(204999)+3.8416(0.25)} \quad (24)$$
$$n = 383.44$$

El resultado del cálculo fue $n = 383.44$, por lo que la muestra operativa quedó establecida en 383 hogares o usuarios encuestados, en concordancia con el tamaño muestral consignado en el Plan de Trabajo aprobado. Este tamaño muestral permite trabajar con un nivel de confianza de 95% y un margen de error de 5%, bajo los supuestos de máxima variabilidad y población finita señalados (Cochran, 1977; Kotrlik & Higgins, 2001).

Respecto al muestreo, el Plan de Trabajo estableció el uso de muestreo aleatorio simple. Este procedimiento supone que todos los elementos de la población tienen probabilidad conocida de ser seleccionados; por ello, en la ejecución del trabajo de campo fue necesario delimitar el ámbito urbano de aplicación y distribuir las encuestas en los espacios considerados dentro de Sullana y Bellavista. La inferencia de los resultados debe entenderse dentro del ámbito poblacional y operativo definido en el plan aprobado (Cochran, 1977; Creswell & Creswell, 2018).

3.3. Variables de la investigación

Las variables de la investigación se organizaron en función de los tres objetivos específicos: generación de residuos sólidos urbanos, reciclaje o separación en origen, y evaluación de la relación no lineal entre ingreso y generación de residuos bajo el enfoque de la Curva Ambiental de Kuznets. Esta organización permite vincular los objetivos, las variables y los métodos de estimación, evitando que el análisis econométrico quede desconectado del planteamiento metodológico (Wooldridge, 2010).

V°B° UNIDAD DE INVESTIGACIÓN FCEA

Tabla 2

Variables, codificación y signo esperado

Variable	Nombre	Definición operativa	Tipo de variable	Codificación o medición	Signo esperado
Generación de residuos sólidos urbanos	rsu	Cantidad de residuos generados por el hogar.	Dependiente continua o de conteo	Kg/semana, kg/día o número de bolsas por semana	
Reciclaje o separación en origen	recicla	Indica si el hogar recicla o separa residuos.	Dependiente binaria	1 = recicla o separa; 0 = no recicla ni separa	
Ingreso del hogar	ingreso	Ingreso mensual aproximado del hogar.	Independiente continua u ordinal	Soles mensuales o rangos de ingreso	+/-
Logaritmo del ingreso	lningreso	Transformación logarítmica del ingreso.	Independiente continua	$\ln(ingreso)$	+
Cuadrado del logaritmo del ingreso	lningreso2	Término cuadrático del logaritmo del ingreso.	Independiente continua	$[\ln(ingreso)]^2$	-
Educación	educacion	Nivel educativo del jefe o representante del hogar.	Independiente ordinal	1 = primaria; 2 = secundaria; 3 = superior; 4 = posgrado	+/-
Tamaño del hogar	tamhogar	Número de integrantes del hogar.	Independiente discreta	Número de personas	+/-
Edad	edad	Edad del jefe o representante del hogar.	Independiente continua	Años cumplidos	+/-
Ocupación	ocupacion	Condición laboral u ocupacional del jefe del hogar.	Independiente categórica	Dummies según categoría ocupacional	+/-
Conciencia ambiental	conciencia	Nivel de conocimiento o preocupación ambiental.	Independiente ordinal o índice	Escala Likert o índice construido	+/-
Acceso al servicio de recolección	acceso	Disponibilidad del servicio municipal de recolección.	Independiente binaria	1 = tiene acceso; 0 = no tiene acceso	+
Frecuencia de recolección	frecuencia	Regularidad del recojo municipal de residuos.	Independiente discreta u ordinal	Veces por semana o escala ordinal	+
Percepción del servicio municipal	percepcion	Evaluación del hogar sobre calidad y confiabilidad del servicio.	Independiente ordinal	Escala Likert	+
Información sobre reciclaje	informacion	Conocimiento del hogar sobre reciclaje o programas municipales.	Independiente binaria u ordinal	1 = conoce; 0 = no conoce	+

Los signos esperados se plantearon con base en la teoría económica y ambiental revisada. Se espera que el ingreso y el tamaño del hogar se asocien positivamente con la generación total de residuos, debido a que mayores recursos y más integrantes suelen estar relacionados con mayor consumo doméstico. En cambio, la educación, la conciencia ambiental, el acceso

al servicio y la información pueden elevar la probabilidad de reciclaje o separación en origen, aunque algunos efectos pueden ser empíricamente ambiguos según el contexto local (Wooldridge, 2010).

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

La técnica principal de recolección de datos fue la encuesta estructurada aplicada a hogares urbanos de Sullana y Bellavista. Esta técnica permitió obtener información cuantitativa estandarizada sobre características socioeconómicas, generación aproximada de residuos, prácticas de reciclaje, acceso al servicio municipal y percepción ambiental de los hogares encuestados (Creswell & Creswell, 2018; Hernández et al., 2018).

El instrumento utilizado fue un cuestionario estructurado con preguntas cerradas, dicotómicas, ordinales y numéricas. Las preguntas dicotómicas permitieron construir variables como recicla; las preguntas ordinales permitieron medir percepción y conciencia ambiental; y las preguntas numéricas permitieron registrar edad, tamaño del hogar, ingreso aproximado y cantidad estimada de residuos generados (Hernández et al., 2014; Long y Freese, 2014).

De manera complementaria, el Plan de Trabajo también consideró entrevistas, análisis documental y consultas a docentes. En el informe final, estos recursos se entienden como técnicas de apoyo para contextualizar el problema, fortalecer el instrumento y complementar la interpretación de los resultados, mientras que el análisis econométrico se basó principalmente en la base de datos construida a partir de las encuestas aplicadas a hogares (Creswell & Creswell, 2018; Wooldridge, 2010).

3.5. Procedimientos de análisis de datos

El procesamiento de los datos inició con la revisión de la base construida a partir de las encuestas aplicadas. Se revisaron valores perdidos, respuestas incompletas, errores de digitación, valores extremos e inconsistencias entre variables, con la finalidad de asegurar que la información utilizada en el análisis estadístico y econométrico tuviera coherencia interna (Gujarati & Porter, 2010; Wooldridge, 2010).

Luego se realizó la codificación de variables. La variable recicla tomó el valor 1 cuando el hogar declaró reciclar o separar residuos en origen, y 0 cuando no lo hacía. Las variables

V°B° VRIP DE INVESTIGACIÓN CEA
UNIVERSIDAD NACIONAL DE FRONTERA V° B°

ordinales, como educacion, conciencia y percepcion, fueron codificadas respetando el orden de sus categorías, mientras que las variables continuas, como ingreso, edad, tamhogar y rsu, fueron revisadas para identificar posibles valores extremos (Long & Freese, 2014; Wooldridge, 2010).

El análisis descriptivo se realizó mediante frecuencias, porcentajes, medias, desviaciones estándar, mínimos y máximos, de acuerdo con el tipo de variable. Este análisis permitió caracterizar la muestra, describir la generación aproximada de residuos sólidos urbanos y observar la proporción de hogares que reciclan o separan residuos en origen (Creswell & Creswell, 2018; Stock & Watson, 2020).

El análisis bivariado permitió explorar relaciones preliminares entre variables antes de la estimación econométrica. Para variables categóricas se utilizaron tablas cruzadas y pruebas chi-cuadrado; para variables continuas se emplearon correlaciones y comparación de medias, según correspondiera. Estos procedimientos fueron descriptivos y exploratorios, mientras que la interpretación principal se basó en los modelos multivariados definidos por objetivos (Gujarati & Porter, 2009; Wooldridge, 2010).

3.5.1. Método de estimación para el primer objetivo específico

El primer objetivo específico fue identificar los determinantes socioeconómicos que explican la cantidad de residuos sólidos urbanos generados en los hogares de Sullana en 2025. Para ello, se estimó un modelo de regresión lineal múltiple mediante Mínimos Cuadrados Ordinarios, siempre que la variable dependiente rsu haya sido medida como variable continua, por ejemplo kilogramos de residuos por semana o cantidad aproximada equivalente.

El modelo econométrico utilizado fue el siguiente:

$$rsu_i = \beta_0 + \beta_1 ingreso_i + \beta_2 educacion_i + \beta_3 tamhogar_i + \beta_4 edad_i + \beta_5 ocupacion_i + \beta_6 conciencia_i + \beta_7 acceso_i + \varepsilon_i \quad (25)$$

Donde rsu_i representa la cantidad de residuos sólidos urbanos generados por el hogar i ; $ingreso_i$ representa el ingreso mensual aproximado del hogar; $educacion_i$ representa el

nivel educativo del jefe o representante del hogar; $tamhogar_i$ representa el número de integrantes del hogar; $edad_i$ representa la edad del jefe o representante del hogar; $ocupacion_i$ representa la condición ocupacional; $conciencia_i$ representa el nivel de conciencia ambiental; $acceso_i$ representa el acceso al servicio de recolección; y ε_i representa el término de error (Gujarati & Porter, 2009; Wooldridge, 2010).

Los coeficientes β_j se interpretaron como asociaciones condicionadas entre cada variable explicativa y la cantidad de residuos generados, manteniendo constantes las demás variables del modelo. Por ejemplo, β_1 mide la variación esperada en la generación de residuos ante un cambio en el ingreso del hogar, controlando por educación, tamaño del hogar, edad, ocupación, conciencia ambiental y acceso al servicio (Stock & Watson, 2020; Wooldridge, 2010).

Si la variable rsu fue registrada como número de bolsas por semana, el análisis pudo complementarse con modelos de conteo, como Poisson o Binomial Negativa. El modelo Poisson es apropiado para variables de conteo, mientras que la Binomial Negativa resulta más adecuada cuando existe sobredispersión, es decir, cuando la varianza de la variable dependiente supera claramente a su media (Cameron & Trivedi, 2005).

3.5.2. Método de estimación para el segundo objetivo específico

El segundo objetivo específico fue examinar los factores socioeconómicos y perceptivos que influyen en la práctica de reciclaje o separación de residuos en origen por parte de los hogares. Debido a que la variable dependiente recicla es binaria, se utilizaron modelos de elección discreta, específicamente Logit y Probit, tal como fue previsto en el Plan de Trabajo de Investigación Formativa (Long & Freese, 2014).

La variable dependiente se definió de la siguiente manera:

$$recicla_i = \begin{cases} 1, & \text{si el hogar recicla o separa residuos en origen} \\ 0, & \text{si el hogar no recicla ni separa residuos en origen} \end{cases} \quad (26)$$

La especificación general del modelo fue la siguiente:

$$P\left(recicla_i = 1 \mid X_i\right) = F\begin{pmatrix} \delta_0 + \delta_1 ingreso_i + \delta_2 educacion_i + \delta_3 tamhogar_i \\ +\delta_4 edad_i + \delta_5 conciencia_i + \delta_6 percepcion_i \\ +\delta_7 acceso_i + \delta_8 frecuencia_i + \delta_9 informacion_i \end{pmatrix} \quad (27)$$

Donde $P\left(recicla_i = 1 \mid X_i\right)$ representa la probabilidad de que el hogar i recicle o separe residuos en origen; $F(.)$ representa la función de distribución acumulada logística en el modelo Logit o normal estándar en el modelo Probit; $ingreso_i$, $educacion_i$, $tamhogar_i$, $edad_i$, $conciencia_i$, $percepcion_i$, $acceso_i$, $frecuencia_i$ e $informacion_i$ representan las características socioeconómicas, perceptivas e institucionales del hogar (Wooldridge, 2010; Long & Freese, 2014).

En el caso del modelo Logit, la probabilidad estimada se representó como:

$$P_i = \frac{\exp\left(X_i\delta\right)}{1+\exp\left(X_i\delta\right)} \quad (28)$$

En el caso del modelo Probit, la probabilidad estimada se representó como:

$$P_i = \Phi\left(X_i\delta\right) \quad (29)$$

Donde P_i representa la probabilidad estimada de reciclar; X_i representa el vector de variables explicativas del hogar; δ representa el vector de parámetros estimados; y $\Phi(.)$ representa la función de distribución acumulada normal estándar. Ambos modelos son adecuados para variables dependientes binarias, aunque la interpretación sustantiva se realiza preferentemente mediante efectos marginales (Hosmer et al., 2013; Long & Freese, 2014).

Los efectos marginales permitieron interpretar el cambio en la probabilidad de reciclar asociado a variaciones en cada variable explicativa, manteniendo constantes las demás variables. Por ejemplo, si el efecto marginal de educacion fuese 0.08, se interpretaría que un mayor nivel educativo se asocia con un incremento de 8 puntos porcentuales en

la probabilidad de reciclar o separar residuos en origen (Long & Freese, 2014; Wooldridge, 2010).

3.5.3. Método de estimación para el tercer objetivo específico

El tercer objetivo específico fue estimar empíricamente la relación entre el nivel de ingreso y la generación de residuos sólidos urbanos, evaluando la existencia de una Curva Ambiental de Kuznets en el contexto local. Para ello, se estimó una especificación cuadrática del logaritmo del ingreso, conforme al enfoque de la Curva Ambiental de Kuznets y a lo previsto en el Plan de Trabajo (Grossman & Krueger, 1995; Stern, 2004).

El modelo econométrico utilizado fue el siguiente:

$$\begin{aligned} rsu_i = {} & \alpha_0 + \alpha_1 lningreso_i + \alpha_2 lningreso2_i \\ & + \gamma_1 educacion_i + \gamma_2 tamhogar_i \\ & + \gamma_3 edad_i + \gamma_4 conciencia_i + \gamma_5 acceso_i + \mu_i \end{aligned} \tag{30}$$

Donde rsu_i representa la cantidad de residuos sólidos urbanos generados por el hogar i ; $lningreso_i$ representa el logaritmo natural del ingreso del hogar; $lningreso2_i$ representa el cuadrado del logaritmo natural del ingreso; $educacion_i$, $tamhogar_i$, $edad_i$, $conciencia_i$ y $acceso_i$ representan variables de control; y μ_i representa el término de error (Grossman & Krueger, 1995).

La evidencia sería compatible con una Curva Ambiental de Kuznets si el coeficiente del logaritmo del ingreso resultara positivo y el coeficiente del cuadrado del logaritmo del ingreso resultara negativo, siempre que ambos fueran estadísticamente significativos. Esta condición indicaría que la generación de residuos aumenta con el ingreso hasta cierto punto y luego empieza a disminuir (Grossman & Krueger, 1995; Stern, 2004).

$\alpha_1 > 0 y \alpha_2 < 0$ El punto de inflexión se calculó mediante la siguiente expresión:

$$Y^* = \exp(|\frac{\alpha_1}{2\alpha_2}) \tag{31}$$

Donde Y^* representa el ingreso crítico a partir del cual la relación entre ingreso y

generación de residuos cambia de dirección. Este valor solo debe interpretarse si los coeficientes α_1 y α_2 son estadísticamente significativos, si presentan los signos esperados y si el ingreso crítico se encuentra dentro del rango de ingresos observado en la muestra (Stern, 2004).

3.6. Pruebas estadísticas y criterios de evaluación

En el modelo de regresión lineal se evaluó la significancia individual de los coeficientes mediante pruebas t y la significancia conjunta mediante la prueba F. Asimismo, se revisó la presencia de heterocedasticidad, dado que en datos de corte transversal es frecuente que la varianza del error no sea constante; por ello, se consideró el uso de errores estándar robustos cuando correspondiera (Gujarati & Porter, 2009; Stock & Watson, 2020; Wooldridge, 2010).

También se revisó la multicolinealidad entre variables explicativas mediante el factor de inflación de la varianza. La multicolinealidad elevada no necesariamente sesga los coeficientes, pero puede incrementar sus errores estándar y dificultar la identificación precisa de asociaciones parciales entre variables (Gujarati & Porter, 2009; Wooldridge, 2010).

En los modelos Logit y Probit se evaluó la significancia de los coeficientes, los efectos marginales, el pseudo R cuadrado, la matriz de clasificación y la coherencia entre probabilidades predichas y valores observados. Estas medidas permiten evaluar ajuste y desempeño predictivo en modelos de respuesta binaria, pero no deben interpretarse de la misma forma que el R cuadrado de una regresión lineal (Hosmer et al., 2013; Long & Freese, 2014).

Como criterio de robustez, se compararon especificaciones alternativas con y sin variables de control, y se contrastaron los resultados entre Logit y Probit para la variable recicla. Esta comparación permitió evaluar si los signos, significancia estadística y magnitudes aproximadas de los efectos marginales se mantenían frente a cambios razonables en la especificación econométrica (Long & Freese, 2014; Wooldridge, 2010).

V°B°

IV. RESULTADOS

4.1. Resultados del objetivo específico 1

El primer objetivo específico fue identificar los determinantes socioeconómicos que explican la cantidad de residuos sólidos urbanos generados en los hogares de Sullana en 2025. Para ello, se utilizó como variable dependiente la generación semanal de residuos sólidos urbanos por hogar, medida en kilogramos por semana mediante la variable rsu_kg_sem. Se estimaron dos especificaciones: un modelo completo, con todas las variables socioeconómicas y de control, y un modelo reducido, que conserva las variables con mayor relevancia estadística y mejora la parsimonia del análisis.

Tabla 3

Estadísticos descriptivos de las variables principales del objetivo 1

Variable	Observaciones	Media	Desv. estándar	Mínimo	Máximo
Generación de residuos, kg/semana	383	7.28	3.51	2.00	19.80
Tamaño del hogar	383	3.05	2.23	1.00	9.00
Edad del encuestado	383	42.04	13.14	18.00	80.00
Conciencia ambiental	383	3.59	1.01	1.00	5.00
Acceso al servicio de recolección	383	0.81	0.39	0.00	1.00

Nota. La variable dependiente rsu_kg_sem presenta una media de 7.28 kg semanales por hogar. La variable acceso toma el valor 1 si el hogar cuenta con acceso al servicio de recolección y 0 en caso contrario. La base contiene 383 observaciones. Elaboración propia con base en resultados procesados en Stata.

Tabla 4

Modelos MCO para explicar la generación semanal de residuos sólidos urbanos

Variable	Modelo completo	Modelo reducido
Ingreso	8.95e-12***	8.58e-12***
	(1.84e-12)	(1.55e-12)
Secundaria	0.370	—
	(0.378)	—
Superior técnica	0.264	—
	(0.414)	—
Superior universitaria	0.113	—
	(0.476)	—
Posgrado	0.209	—
	(0.683)	—
Tamaño del hogar	1.288***	1.287***
	(0.042)	(0.042)
Edad	0.001	—
	(0.007)	—
Hombre	0.278	—
	(0.176)	—
Independiente	-0.383	-0.418*
	(0.238)	(0.238)
Ama de casa	-0.499*	-0.502*
	(0.283)	(0.278)
Estudiante	-1.040***	-1.095***
	(0.348)	(0.329)
Desempleado	-0.128	-0.142
	(0.422)	(0.403)
Jubilado	-0.135	-0.178
	(0.387)	(0.361)
Conciencia ambiental	-0.594***	-0.597***
	(0.106)	(0.087)
Acceso al servicio	0.254	—
	(0.252)	—
Sullana	0.100	—
	(0.291)	—
Constante	20.352***	20.482***
	-3.214	-2.654
Observaciones	383	383
R cuadrado	0.772	0.768
R cuadrado ajustado	0.762	0.763
Root MSE	1.713	1.709





Nota. Variable dependiente: generación semanal de residuos sólidos urbanos por hogar (rsu_kg_sem). Los errores estándar robustos se muestran entre paréntesis. Categorías base: primaria para educación, mujer para sexo, trabajador dependiente para ocupación y Bellavista para distrito. *** $p < 0.01$; ** $p < 0.05$; * $p < 0.10$. Elaboración propia con base en estimaciones MCO procesadas en Stata.

El modelo completo incluye ingreso, educación, tamaño del hogar, edad, sexo, ocupación, conciencia ambiental, acceso al servicio de recolección y distrito de residencia. Este modelo alcanza un $R^2 = 0.772$, lo que indica que explica aproximadamente el 77.2% de la variabilidad observada en la generación semanal de residuos sólidos urbanos. Sin embargo, varias variables del modelo completo no presentan significancia estadística, como educación, edad, sexo, acceso y distrito.

El modelo reducido conserva ingreso, tamaño del hogar, conciencia ambiental y ocupación. Esta especificación alcanza un $R^2 = 0.768$, prácticamente similar al modelo completo. Además, el R^2 ajustado aumenta ligeramente de 0.762 a 0.763 y el Root MSE disminuye de 1.713 a 1.709. Por tanto, el modelo reducido es más parsimonioso y presenta una capacidad explicativa muy similar al modelo completo, por lo que se adopta como modelo principal para interpretar el primer objetivo específico.

Los resultados del modelo reducido muestran que el tamaño del hogar tiene una asociación positiva y estadísticamente significativa con la generación semanal de residuos sólidos urbanos. El coeficiente estimado fue 1.287, lo que significa que un integrante adicional en el hogar se asocia con un incremento promedio de aproximadamente 1.29 kg de residuos por semana, manteniendo constantes las demás variables del modelo. Este resultado indica que los hogares más numerosos tienden a generar una mayor cantidad total de residuos.

La variable conciencia ambiental presenta una asociación negativa y estadísticamente significativa. Su coeficiente fue -0.597, lo que indica que un aumento de un punto en la escala de conciencia ambiental se asocia con una reducción promedio de aproximadamente 0.60 kg de residuos por semana. Este resultado sugiere que los hogares con mayor conciencia ambiental tienden a generar menos residuos, posiblemente por mejores prácticas de consumo, reducción, reutilización o separación en origen.

V°B° UNIDAD DE INVESTIGACIÓN FCEA

La variable ingreso presenta signo positivo y significancia estadística al 1%. Esto indica que mayores niveles de ingreso se asocian con una mayor generación semanal de residuos sólidos urbanos. Sin embargo, debido a que el coeficiente aparece en notación científica por la escala original de la variable importada en Stata, la interpretación debe centrarse en el signo y la significancia estadística, no en una lectura directa por cada sol adicional.

Respecto a la ocupación, la categoría estudiante presenta un coeficiente negativo y estadísticamente significativo al 1%. En comparación con los hogares cuya categoría base es trabajador dependiente, los hogares vinculados a estudiantes generan aproximadamente 1.09 kg menos de residuos por semana. Las categorías independiente y ama de casa presentan coeficientes negativos con significancia marginal al 10%, mientras que desempleado y jubilado no muestran diferencias estadísticamente significativas respecto a la categoría base.

Diagnóstico del modelo. Los diagnósticos econométricos respaldan el uso del modelo estimado. El VIF promedio fue 1.86, lo cual indica ausencia de multicolinealidad severa entre las variables explicativas. La prueba de Breusch-Pagan/Cook-Weisberg presentó un p-valor de 0.0682, por lo que no se rechaza la hipótesis de homocedasticidad al 5%, aunque el resultado sugiere posible heterocedasticidad leve al 10%; por ello, se reportaron errores estándar robustos. La prueba Ramsey RESET obtuvo un p-valor de 0.2422, lo que indica que no existe evidencia estadística suficiente de mala especificación funcional.

Los gráficos de residuos muestran un comportamiento razonable del modelo. El gráfico de residuos frente a valores ajustados no evidencia un patrón sistemático fuerte; el histograma de residuos presenta una forma aproximadamente normal; y el gráfico Q-Q muestra que los residuos se ubican cerca de la línea de normalidad, con desviaciones menores en las colas. En conjunto, los resultados estadísticos y gráficos permiten considerar adecuado el modelo reducido para responder el primer objetivo específico.

Resultado central del objetivo. En síntesis, el primer objetivo específico muestra que la generación semanal de residuos sólidos urbanos en los hogares analizados se explica principalmente por el tamaño del hogar, el ingreso, la conciencia ambiental y ciertas diferencias por ocupación. El tamaño del hogar y el ingreso se asocian positivamente con la generación de residuos, mientras que la conciencia ambiental se asocia negativamente. Estos resultados sugieren que las estrategias de gestión de residuos en Sullana y Bellavista deberían priorizar hogares numerosos y fortalecer acciones de educación ambiental





orientadas a reducir la generación de residuos desde la fuente.

Respecto al primer objetivo específico, se concluye que los principales determinantes socioeconómicos de la generación semanal de residuos sólidos urbanos son el tamaño del hogar, el ingreso, la conciencia ambiental y la ocupación. Un mayor tamaño del hogar incrementa la cantidad de residuos generados, mientras que una mayor conciencia ambiental la reduce. Asimismo, los hogares vinculados a estudiantes generan menos residuos que los hogares cuya categoría ocupacional base es trabajador dependiente. En cambio, educación, edad, sexo, acceso al servicio de recolección y distrito no muestran evidencia estadística suficiente para explicar la generación de residuos en el modelo completo.

4.2. Resultados del objetivo específico 2

El segundo objetivo específico fue examinar los factores socioeconómicos y perceptivos que influyen en la práctica de reciclaje o separación de residuos en origen por parte de los hogares. Para ello, se utilizó como variable dependiente recicla, codificada con valor 1 si el hogar recicla o separa residuos en origen, y 0 si no lo hace. Debido a la naturaleza binaria de la variable dependiente, se estimaron modelos Logit y Probit, tanto en especificación completa como reducida.

Tabla 5

Distribución de la práctica de reciclaje o separación en origen

Práctica de reciclaje o separación	Frecuencia	Porcentaje
No recicla / no separa	175	45.69
Recicla / separa	208	54.31
Total	383	100.00

Nota. La variable dependiente es recicla, donde 1 indica que el hogar recicla o separa residuos en origen, y 0 indica que no lo hace. Elaboración propia con base en resultados procesados en Stata.

Tabla 6

Comparación de modelos Logit y Probit para la práctica de reciclaje

Modelo	Variables incluidas	Log likelihood	R2	AIC	BIC	Decisión
Logit completo	Socioeconómicas, perceptivas, ocupación, sexo y distrito	-184.243	0.3022	408.485	487.446	No seleccionado
Probit completo	Socioeconómicas, perceptivas, ocupación, sexo y distrito	-184.459	0.3014	408.918	487.879	No seleccionado
Logit reducido	Ingreso, educación, conciencia, acceso, frecuencia, percepción e información	-191.503	0.2748	405.006	448.435	Alternativo
Probit reducido	Ingreso, educación, conciencia, acceso, frecuencia, percepción e información	-191.496	0.2748	404.992	448.420	Seleccionado

Nota. AIC = Akaike Information Criterion; BIC = Bayesian Information Criterion. En ambos criterios, valores menores indican mejor equilibrio entre ajuste y parsimonia. El modelo seleccionado fue el Probit reducido, debido a que presentó el menor AIC y el menor BIC entre las cuatro especificaciones estimadas. Elaboración propia con base en resultados procesados en Stata.

Los modelos completos presentan mayor log likelihood y mayor pseudo R^2, porque incluyen más variables explicativas. Sin embargo, también incorporan variables que no resultaron estadísticamente significativas, como tamaño del hogar, sexo, ocupación y distrito. Por ello, aunque los modelos completos ajustan ligeramente mejor en términos de verosimilitud, son menos parsimoniosos.

Al comparar los criterios de información, se observa que los modelos reducidos presentan menores valores de AIC y BIC. En particular, el Probit reducido obtuvo el menor AIC, con 404.992, y el menor BIC, con 448.420. Por tanto, se seleccionó como modelo final para interpretar los factores asociados a la práctica de reciclaje o separación en origen.

Es importante precisar que la diferencia entre el Logit reducido y el Probit reducido es muy pequeña. El AIC del Logit reducido fue 405.006, mientras que el AIC del Probit reducido fue 404.992. De igual forma, el BIC del Logit reducido fue 448.435 y el BIC del Probit reducido fue 448.420. Esto indica que ambos modelos generan conclusiones muy similares; sin embargo, por criterio formal de menor AIC y BIC, se adopta el Probit reducido como especificación final.

Modelo seleccionado. El modelo Probit reducido estimado fue:

$$P\left(recicla_i = 1 \mid X_i\right) = \Phi\begin{pmatrix} \beta_0 + \beta_1 lningreso_i + \beta_2 educacion_i \\ +\beta_3 conciencia_i + \beta_4 acceso_i + \beta_5 frecuencia_i \\ +\beta_6 percepcion_i + \beta_7 informacion_i \end{pmatrix}$$

Donde $recicla_i$ toma el valor de 1 si el hogar recicla o separa residuos en origen, y 0 en caso contrario. La función $\Phi(.)$ representa la función de distribución acumulada normal estándar del modelo Probit.

Tabla 7

Efectos marginales del modelo Probit reducido sobre la probabilidad de reciclar o separar residuos en origen

Variable	Efecto marginal	Error estándar	z	p-valor	Significancia	Interpretación
Logaritmo del ingreso	0.048	0.048	1.00	0.317	No significativa	No presenta evidencia estadística suficiente.
Secundaria	0.001	0.081	0.01	0.989	No significativa	No difiere de primaria.
Superior técnica	0.214	0.093	2.31	0.021	**	Aumenta la probabilidad de reciclar en 21.4 puntos porcentuales respecto a primaria.
Superior universitaria	0.170	0.100	1.69	0.091	*	Aumenta la probabilidad de reciclar en 17.0 puntos porcentuales respecto a primaria, con evidencia marginal.
Posgrado	0.245	0.144	1.70	0.089	*	Aumenta la probabilidad de reciclar en 24.5 puntos porcentuales respecto a primaria, con evidencia marginal.

Conciencia ambiental	0.112	0.024	4.61	0.000	***	Un punto adicional en conciencia ambiental aumenta la probabilidad de reciclar en 11.2 puntos porcentuales.
Acceso al servicio	-0.072	0.095	-0.76	0.446	No significativa	No presenta efecto estadísticamente significativo.
Frecuencia de recolección	0.039	0.019	2.05	0.040	**	Una mayor frecuencia aumenta la probabilidad de reciclar en 3.9 puntos porcentuales.
Percepción del servicio	0.065	0.022	2.93	0.003	***	Un punto adicional en percepción aumenta la probabilidad de reciclar en 6.5 puntos porcentuales.
Información sobre reciclaje	0.171	0.043	3.97	0.000	***	Tener información aumenta la probabilidad de reciclar en 17.1 puntos porcentuales.

Nota. La variable dependiente es recicla. Los efectos marginales expresan cambios en la probabilidad de reciclar o separar residuos en origen. Categoría base de educación: primaria. *** $p < 0.01$; ** $p < 0.05$; * $p < 0.10$. Elaboración propia con base en estimaciones Probit procesadas en Stata.

Interpretación del modelo seleccionado. Los resultados del modelo Probit reducido muestran que la práctica de reciclaje o separación de residuos en origen está explicada principalmente por variables educativas, ambientales, perceptivas e informativas. En particular, la educación superior técnica, la conciencia ambiental, la frecuencia de recolección, la percepción del servicio y la información sobre reciclaje presentan efectos positivos y estadísticamente significativos sobre la probabilidad de reciclar.

La variable conciencia ambiental presenta un efecto marginal positivo y altamente significativo. El efecto marginal estimado fue 0.112, lo que significa que un incremento de un punto en la escala de conciencia ambiental aumenta la probabilidad de reciclar o separar residuos en origen en aproximadamente 11.2 puntos porcentuales, manteniendo constantes las demás variables del modelo. Este es uno de los resultados más importantes del objetivo 2, porque evidencia que la sensibilización ambiental está asociada directamente con mejores

prácticas de manejo de residuos.

La variable información sobre reciclaje también presenta un efecto positivo y altamente significativo. Los hogares que cuentan con información sobre reciclaje tienen una probabilidad de reciclar aproximadamente 17.1 puntos porcentuales mayor que aquellos que no cuentan con dicha información. Este resultado resalta la importancia de las campañas informativas, programas de educación ambiental y estrategias de comunicación municipal.

En cuanto a la educación, los hogares cuyo jefe o representante tiene educación superior técnica presentan una probabilidad de reciclar 21.4 puntos porcentuales mayor que aquellos con educación primaria. Asimismo, la educación superior universitaria y el posgrado presentan efectos positivos, aunque con significancia marginal al 10%. Esto sugiere que mayores niveles educativos podrían estar asociados con una mayor disposición a adoptar prácticas de reciclaje o separación en origen.

La variable frecuencia de recolección muestra un efecto positivo y significativo. El efecto marginal fue 0.039, lo cual indica que un aumento de una unidad en la frecuencia de recolección se asocia con un incremento de 3.9 puntos porcentuales en la probabilidad de reciclar o separar residuos. Esto sugiere que la regularidad del servicio municipal puede favorecer mejores prácticas de gestión de residuos en los hogares.

La variable percepción del servicio también fue positiva y significativa. Su efecto marginal fue 0.065, lo que indica que un aumento de un punto en la percepción del servicio se asocia con un incremento de 6.5 puntos porcentuales en la probabilidad de reciclar. En términos prácticos, los hogares que perciben mejor el servicio municipal tienden a mostrar mayor disposición a participar en prácticas de reciclaje o separación.

Por otro lado, el logaritmo del ingreso, la educación secundaria y el acceso al servicio de recolección no resultaron estadísticamente significativos en el modelo reducido. Esto implica que, una vez controladas las variables perceptivas e informativas, no existe evidencia suficiente para afirmar que estas variables expliquen directamente la práctica de reciclaje o separación en origen.

Como verificación adicional, el modelo Logit reducido presentó una capacidad predictiva aceptable: clasificó correctamente el 75.46% de los hogares, con una sensibilidad de 79.81% y una especificidad de 70.29%. Además, el área bajo la curva ROC fue 0.8341, lo que

V°B° INVESTIGACIÓN FCEA

UNIVERSIDAD NACIONAL DE FRONTERA

evidencia una buena capacidad de discriminación entre hogares que reciclan y hogares que no reciclan. Finalmente, la prueba linktest mostró que _hat fue significativo y _hatsq no fue significativo, lo cual indica que no se detectan problemas relevantes de especificación funcional.

Este diagnóstico se presenta como complemento, porque fue calculado sobre el Logit reducido. No contradice la elección del Probit reducido, ya que ambos modelos reducidos presentan resultados prácticamente equivalentes y los criterios AIC/BIC favorecen ligeramente al Probit reducido.

Para responder al segundo objetivo específico, se estimaron cuatro modelos de elección binaria: Logit completo, Probit completo, Logit reducido y Probit reducido. La variable dependiente fue recicla, que toma el valor de 1 si el hogar recicla o separa residuos en origen, y 0 en caso contrario. Los modelos completos incorporaron variables socioeconómicas, demográficas, ocupacionales, perceptivas, institucionales y territoriales; mientras que los modelos reducidos conservaron las variables con mayor relevancia teórica y empírica para explicar la práctica de reciclaje.

La comparación de modelos muestra que el Probit reducido presentó el menor AIC y el menor BIC, con valores de 404.992 y 448.420, respectivamente. Aunque la diferencia respecto al Logit reducido es pequeña, el criterio de información favorece al Probit reducido. Por tanto, esta especificación fue seleccionada como modelo final para interpretar los factores que influyen en la práctica de reciclaje o separación de residuos en origen.

Los efectos marginales del Probit reducido evidencian que la conciencia ambiental, la información sobre reciclaje, la frecuencia de recolección, la percepción del servicio y la educación superior técnica incrementan significativamente la probabilidad de reciclar o separar residuos en origen. En particular, contar con información sobre reciclaje aumenta dicha probabilidad en 17.1 puntos porcentuales, mientras que un punto adicional en conciencia ambiental la incrementa en 11.2 puntos porcentuales. Asimismo, una mejor percepción del servicio incrementa la probabilidad de reciclaje en 6.5 puntos porcentuales y una mayor frecuencia de recolección la aumenta en 3.9 puntos porcentuales.

En relación con la educación, los hogares con educación superior técnica presentan una probabilidad de reciclar 21.4 puntos porcentuales mayor que aquellos con educación

primaria. La educación superior universitaria y el posgrado también muestran efectos positivos, aunque con significancia marginal. En cambio, el ingreso, la educación secundaria y el acceso al servicio de recolección no muestran efectos estadísticamente significativos en el modelo seleccionado.

En síntesis, los resultados del segundo objetivo específico indican que la práctica de reciclaje o separación de residuos en origen no depende únicamente de las características socioeconómicas del hogar, sino principalmente de factores perceptivos, informativos y de conciencia ambiental. Por ello, las políticas locales orientadas a mejorar el reciclaje deberían priorizar campañas de información, fortalecimiento de la educación ambiental, mejora de la percepción ciudadana sobre el servicio y una mayor regularidad en la recolección de residuos.

4.3. Resultados del objetivo específico 3

El tercer objetivo específico fue estimar empíricamente la relación entre el nivel de ingreso y la generación de residuos sólidos urbanos, evaluando la existencia de una Curva Ambiental de Kuznets en el contexto local. Para ello, se estimaron tres especificaciones: un modelo lineal, un modelo cuadrático simple y un modelo cuadrático con controles.

El modelo de Curva Ambiental de Kuznets sería:

$$rsu_kg_sem_i = \alpha_0 + \alpha_1 \ln(ingreso_i) + \alpha_2 [\ln(ingreso_i)]^2 + \gamma X_i + u_i$$

Donde: $rsu_kg_sem_i$, es la generación semanal de residuos sólidos urbanos del hogar i, y: $\ln(ingreso_i)$, representa el logaritmo del ingreso del hogar. Para que exista una Curva Ambiental de Kuznets en forma de U invertida, se espera que: $\alpha_1 > 0$ y $\alpha_2 < 0$ Es decir, el ingreso primero aumenta la generación de residuos, pero después de cierto punto la reduce. El punto de giro se calcula así: $Y^* = \exp(|\frac{\alpha_1}{2\alpha_2})$.

V°B° UNIDAD DE INVESTIGACIÓN FCEA
V° B°

Tabla 8

Regla para decisión de la curva de Kuznets

Resultado	Interpretación
$\alpha_1 > 0$ y $\alpha_2 < 0$, ambos significativos	Existe evidencia de Curva Ambiental de Kuznets invertida
$\alpha_1 > 0$, $\alpha_2 < 0$, pero el cuadrado no es significativo	Hay forma esperada, pero no evidencia estadística fuerte
$\alpha_1 < 0$ y $\alpha_2 > 0$	Relación en forma de U, no Kuznets clásica
α_2 no significativo	No se confirma relación cuadrática
Punto de giro fuera del rango de ingreso observado	La curva no se confirma dentro de la muestra

Tabla 9

Evaluación empírica de la Curva Ambiental de Kuznets para residuos sólidos urbanos

Variable	Modelo lineal	Modelo cuadrático simple	Modelo cuadrático con controles
Logaritmo del ingreso	1.448***	6.247	10.053**
	(0.401)	-9.323	-3.931
Logaritmo del ingreso al cuadrado	—	-0.325	-0.550**
	—	(0.632)	(0.270)
Tamaño del hogar	—	—	1.304***
	—	—	(0.041)
Conciencia ambiental	—	—	-0.634***
	—	—	(0.105)
Acceso al servicio	—	—	0.364
	—	—	(0.240)
Educación	No	No	Sí
Distrito	No	No	Sí
Constante	-3.728	-21.391	-39.383***
	-3.063	-34.320	-14.197
Observaciones	383	383	383
R cuadrado	0.033	0.034	0.776
R cuadrado ajustado	0.031	0.029	0.770
Root MSE	3.455	3.458	1.682

Nota. Variable dependiente: generación semanal de residuos sólidos urbanos por hogar (rsu_kg_sem). Errores estándar robustos entre paréntesis. El modelo con controles incluye tamaño del hogar, conciencia ambiental, acceso al servicio, nivel educativo y distrito. *** p < 0.01; ** p < 0.05; * p < 0.10.

El modelo lineal muestra una relación positiva y significativa entre el logaritmo del ingreso y la generación semanal de residuos sólidos urbanos. El coeficiente de 1.448 indica que mayores niveles de ingreso se asocian con una mayor generación de residuos. Sin embargo, este modelo tiene un bajo poder explicativo, con un $R^2 = 0.033$, por lo que el ingreso por sí solo explica una proporción reducida de la variabilidad en los residuos generados.

El modelo cuadrático simple incorpora el término $\left[\ln(ingreso)\right]^2$, pero sus coeficientes no resultan estadísticamente significativos. Aunque el signo del término cuadrático es negativo, lo cual sería consistente con una Curva Ambiental de Kuznets, la falta de significancia estadística impide sostener evidencia empírica suficiente en esta especificación.

El modelo cuadrático con controles presenta los resultados más sólidos. En este modelo, el coeficiente del logaritmo del ingreso es positivo y significativo, mientras que el coeficiente del término cuadrático es negativo y significativo. Además, el ajuste mejora sustancialmente: el R^2 aumenta a 0.776 y el Root MSE disminuye a 1.682. Por ello, este modelo se considera la especificación principal para evaluar la existencia de una Curva Ambiental de Kuznets en el contexto local.

Tabla 10

Prueba de Curva Ambiental de Kuznets y punto de giro

Criterio	Resultado	Interpretación
Coeficiente de $\ln(ingreso)$	10.053	Positivo y significativo al 5%.
Coeficiente de $\left[\ln(ingreso)\right]^2$	-0.550	Negativo y significativo al 5%.
Prueba del término cuadrático	F = 4.14	El término cuadrático es estadísticamente significativo.
p-valor de la prueba cuadrática	0.0426	Se rechaza $H_0 : \alpha_2 = 0$ al 5%.
Punto de giro en log ingreso	9.138	Punto donde la curva alcanza su máximo.
Punto de giro en soles	S/ 9,299.75	Ingreso estimado donde la generación de residuos empezaría a reducirse.
Rango observado de ingreso	S/ 500 – S/ 4,800	El punto de giro está fuera del rango muestral.
Decisión	Evidencia parcial	Hay forma de U invertida, pero no se observa el tramo descendente dentro de la muestra.

Nota. El punto de giro se calculó como $Y^* = \exp\left[-\alpha_1 / (2\alpha_2)\right]$. Aunque el signo de los

coeficientes es consistente con una Curva Ambiental de Kuznets, el punto de giro estimado se encuentra por encima del ingreso máximo observado en la muestra.

Los resultados del modelo controlado muestran una relación no lineal entre el ingreso y la generación de residuos sólidos urbanos. El coeficiente positivo del logaritmo del ingreso indica que, en niveles iniciales de ingreso, un mayor ingreso se asocia con una mayor generación semanal de residuos. Al mismo tiempo, el coeficiente negativo del término cuadrático indica que dicha relación presenta rendimientos decrecientes; es decir, el efecto positivo del ingreso sobre los residuos se va reduciendo a medida que el ingreso aumenta.

Sin embargo, el punto de giro estimado se ubica en aproximadamente **S/ 9,299.75**, mientras que el ingreso máximo observado en la muestra fue de **S/ 4,800**. Por tanto, dentro del rango de ingresos efectivamente observado, los hogares todavía se encuentran en el tramo ascendente de la curva. En consecuencia, no se observa empíricamente el tramo descendente de la Curva Ambiental de Kuznets dentro de la muestra local.

Esto significa que, para los hogares analizados, un mayor ingreso todavía está asociado con una mayor generación de residuos sólidos urbanos. La reducción de residuos que predice la Curva de Kuznets recién aparecería en niveles de ingreso más altos que los observados en la base de datos.

Tabla 11

Predicción de residuos según niveles de ingreso

Log ingreso	Ingreso aproximado en soles	Residuos estimados, kg/semana
6.2	S/ 493	3.94
7.0	S/ 1,097	6.17
7.6	S/ 1,998	7.38
8.0	S/ 2,981	7.97
8.4	S/ 4,447	8.38
8.6	S/ 5,432	8.52

Nota. Las predicciones provienen del modelo cuadrático con controles. El último valor, $ln(ingreso) = 8.6$, se encuentra ligeramente por encima del máximo observado en la muestra, pero permite visualizar la tendencia estimada.

Interpretación de la predicción. La tabla de predicciones confirma que, dentro del rango observado, la generación estimada de residuos aumenta conforme se incrementa el ingreso. Por ejemplo, para un logaritmo del ingreso de 6.2, equivalente aproximadamente a S/ 493, la generación estimada es de 3.94 kg por semana. En cambio, para un logaritmo del ingreso de 8.4, equivalente aproximadamente a S/ 4,447, la generación estimada aumenta a 8.38 kg por semana.

Este comportamiento confirma que, en la muestra analizada, los hogares aún se encuentran en la etapa ascendente de la relación ingreso-residuos. Aunque el modelo sugiere una curvatura negativa, el nivel de ingreso necesario para que la generación de residuos empiece a disminuir es superior al ingreso máximo observado en la base de datos.

Para evaluar la existencia de una Curva Ambiental de Kuznets en la generación de residuos sólidos urbanos, se estimaron tres modelos: un modelo lineal, un modelo cuadrático simple y un modelo cuadrático con controles. El modelo lineal mostró una relación positiva entre el ingreso y la generación de residuos, pero con bajo poder explicativo. El modelo cuadrático simple presentó signos compatibles con la Curva de Kuznets, aunque sin significancia estadística. En cambio, el modelo cuadrático con controles mostró una relación positiva y significativa para el logaritmo del ingreso, y negativa y significativa para su término cuadrático.

Estos resultados indican que existe evidencia estadística de una relación no lineal entre ingreso y generación de residuos sólidos urbanos. En particular, el signo positivo del ingreso y el signo negativo del término cuadrático son consistentes con una Curva Ambiental de Kuznets en forma de U invertida. Sin embargo, el punto de giro estimado fue de aproximadamente S/ 9,299.75, valor que se encuentra por encima del ingreso máximo observado en la muestra, que fue de S/ 4,800. Por tanto, la evidencia debe interpretarse como parcial: el modelo sugiere una forma compatible con la Curva Ambiental de Kuznets, pero el tramo descendente no se observa dentro del rango de ingresos de los hogares encuestados.

En consecuencia, para el contexto local analizado, la generación de residuos sólidos urbanos aumenta conforme se incrementa el ingreso del hogar. Esto sugiere que los hogares con mayores ingresos dentro de la muestra tienden a generar más residuos, probablemente por mayores niveles de consumo. No obstante, el modelo también sugiere que, a niveles de ingreso superiores a los observados, la generación de residuos podría estabilizarse y luego





disminuir, aunque esta parte de la curva no puede confirmarse empíricamente con los datos disponibles.

Respecto al tercer objetivo específico, se concluye que existe evidencia parcial de una Curva Ambiental de Kuznets para la generación de residuos sólidos urbanos en el contexto local. El modelo cuadrático con controles muestra que el ingreso tiene un efecto positivo y significativo sobre la generación de residuos, mientras que el término cuadrático del ingreso presenta un efecto negativo y significativo. No obstante, el punto de giro estimado se ubica fuera del rango de ingresos observado en la muestra, por lo que no es posible afirmar que la Curva Ambiental de Kuznets se verifique plenamente en los hogares analizados. En términos prácticos, dentro del rango de ingresos observado, mayores ingresos se asocian con una mayor generación de residuos sólidos urbanos.

V. DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos muestran una relación importante entre las características socioeconómicas de los hogares y la generación de residuos sólidos urbanos. En el primer objetivo específico, el tamaño del hogar, el ingreso, la conciencia ambiental y la ocupación resultaron variables relevantes para explicar la cantidad de residuos generados. Este hallazgo se encuentra alineado con Zhao et al. (2021), quienes encontraron que el tamaño familiar y el ingreso mensual se asocian positivamente con el peso de residuos generados en los hogares. Asimismo, coincide con Yactayo-Flores, Huiman Cruz y Reyes-Mandujano (2025), quienes reportaron una correlación positiva entre generación de residuos e ingreso en distritos de Lima. En ese sentido, la evidencia local de Sullana confirma que los hogares con mayor tamaño y mayor capacidad económica tienden a generar más residuos, probablemente por mayores niveles de consumo doméstico.

No obstante, algunos resultados no coinciden plenamente con lo esperado desde la literatura. En el modelo completo, variables como educación, edad, acceso al servicio de recolección y distrito no resultaron estadísticamente significativas para explicar la generación semanal de residuos. Esto sugiere que, en el contexto local analizado, la cantidad de residuos generados depende más de la composición del hogar, el ingreso y los hábitos ambientales que de variables territoriales o educativas. Este resultado no contradice necesariamente los antecedentes, sino que muestra que los efectos pueden variar según el contexto, la escala de análisis y las características propias de los hogares encuestados.

Respecto al segundo objetivo específico, los resultados muestran que la práctica de reciclaje o separación en origen está asociada principalmente con la conciencia ambiental, la información sobre reciclaje, la frecuencia de recolección, la percepción del servicio y el nivel educativo superior técnico. Estos hallazgos se encuentran claramente alineados con Fadhullah et al. (2022), quienes resaltan la importancia de las percepciones y características del hogar en la separación de residuos; con Brown (2024), quien sostiene que el reciclaje domiciliario depende de la información, infraestructura e incentivos institucionales; y con Henao-Rodríguez, Lis-Gutiérrez y Guzmán-Sierra (2024), quienes destacan el papel de los factores actitudinales, perceptivos y de confianza en el sistema de gestión de residuos.

Asimismo, el resultado del modelo Probit reducido confirma que la información y la conciencia ambiental son factores centrales para explicar la probabilidad de reciclar. Esto

coincide con los antecedentes latinoamericanos revisados, especialmente con Armenta-Vergara (2025), quien encontró que el reciclaje domiciliario depende de condiciones socioeconómicas, territoriales e institucionales. Sin embargo, en la presente investigación el acceso al servicio de recolección no fue estadísticamente significativo, lo cual marca una diferencia parcial con algunos antecedentes que resaltan la infraestructura como factor relevante. Esto puede deberse a que el acceso al servicio es relativamente alto en la muestra, por lo que la diferencia real entre hogares con y sin acceso no resulta suficientemente marcada para explicar la práctica de reciclaje.

En relación con el tercer objetivo específico, los resultados muestran evidencia parcial compatible con la Curva Ambiental de Kuznets. El modelo cuadrático con controles presentó un coeficiente positivo para el logaritmo del ingreso y negativo para su término cuadrático, ambos estadísticamente significativos. Este resultado es consistente con el planteamiento teórico de Grossman y Krueger (1995), según el cual la presión ambiental puede aumentar en etapas iniciales del crecimiento económico y disminuir después de cierto umbral de ingreso. Sin embargo, el punto de giro estimado se ubica fuera del rango de ingresos observado en la muestra, por lo que no es posible afirmar que la Curva Ambiental de Kuznets se verifique plenamente en los hogares analizados.

En conjunto, los resultados de la investigación se encuentran mayormente alineados con los antecedentes revisados. La generación de residuos se asocia con el ingreso y el tamaño del hogar; mientras que la práctica de reciclaje depende principalmente de la conciencia ambiental, la información, la percepción del servicio y la frecuencia de recolección. La principal diferencia con algunos antecedentes es que variables como educación general, edad, acceso y distrito no siempre resultaron significativas en los modelos estimados. Esto evidencia que el comportamiento ambiental de los hogares no responde únicamente a condiciones socioeconómicas, sino también a factores conductuales, perceptivos e institucionales.

Finalmente, debe precisarse que los resultados deben interpretarse como asociaciones estadísticas y no como efectos causales, debido a que la investigación utiliza un diseño cuantitativo, no experimental y transversal. Aun así, la evidencia obtenida aporta información relevante para el contexto local de Sullana, al identificar factores que pueden orientar estrategias municipales de educación ambiental, campañas de información, mejora



de la percepción ciudadana sobre el servicio y promoción de prácticas de segregación en fuente.



VI. CONCLUSIONES

Los resultados de la investigación muestran que la generación y el reciclaje de residuos sólidos urbanos en los hogares de Sullana están asociados tanto a factores socioeconómicos como a factores ambientales, perceptivos e informativos. En términos generales, los hallazgos se encuentran alineados con los antecedentes revisados, los cuales señalan que el comportamiento de los hogares frente a los residuos depende del ingreso, el tamaño del hogar, la conciencia ambiental, la información disponible y la percepción del servicio de gestión de residuos.

Respecto al primer objetivo específico, se encontró que el tamaño del hogar, el ingreso, la conciencia ambiental y algunas categorías ocupacionales explican la generación semanal de residuos sólidos urbanos. En particular, el tamaño del hogar presentó una relación positiva y significativa, lo que indica que los hogares con más integrantes generan mayor cantidad de residuos. Este resultado coincide con antecedentes como Zhao et al. (2021), quienes sostienen que el tamaño familiar y el ingreso se relacionan positivamente con la generación de residuos. Asimismo, el efecto positivo del ingreso confirma que una mayor capacidad económica puede estar asociada con mayores niveles de consumo y, por tanto, con mayor producción de residuos.

Sin embargo, variables como educación, edad, acceso al servicio de recolección y distrito no resultaron significativas en el modelo de generación de residuos. Esto sugiere que, en el contexto local analizado, la cantidad de residuos generados depende más de la composición y dinámica del hogar que de variables territoriales o educativas. Por tanto, estos resultados no contradicen la literatura, sino que evidencian particularidades propias de los hogares de Sullana.

Conclusión del objetivo específico 1. La generación semanal de residuos sólidos urbanos se explica principalmente por el tamaño del hogar, el ingreso y la conciencia ambiental. Los hogares más numerosos y con mayores ingresos tienden a generar más residuos, mientras que una mayor conciencia ambiental se asocia con una menor generación.

Respecto al segundo objetivo específico, los resultados muestran que la práctica de reciclaje o separación en origen está determinada principalmente por la conciencia ambiental, la información sobre reciclaje, la frecuencia de recolección, la percepción del servicio y la

educación superior técnica. Estos hallazgos coinciden con Fadhullah et al. (2022), Brown (2024) y Henao-Rodríguez et al. (2024), quienes resaltan que el reciclaje domiciliario depende no solo de condiciones socioeconómicas, sino también de factores actitudinales, perceptivos, informativos e institucionales.

El resultado más relevante es que la información y la conciencia ambiental incrementan significativamente la probabilidad de reciclar. Esto evidencia que la separación de residuos en origen no depende únicamente del acceso al servicio, sino también del conocimiento, la sensibilización y la confianza de los hogares en el sistema de gestión de residuos. En ese sentido, el hecho de que el acceso al servicio no haya resultado significativo puede explicarse porque la mayoría de hogares de la muestra ya cuenta con algún nivel de acceso, por lo que la diferencia estaría más en la calidad, frecuencia y percepción del servicio.

Conclusión del objetivo específico 2. La práctica de reciclaje o separación en origen está asociada principalmente con factores ambientales, perceptivos e informativos. La conciencia ambiental, la información sobre reciclaje, la frecuencia de recolección, la percepción del servicio y la educación superior técnica aumentan la probabilidad de que los hogares reciclen o separen sus residuos.

Respecto al tercer objetivo específico, los resultados muestran evidencia parcial compatible con la Curva Ambiental de Kuznets. El modelo cuadrático con controles presentó un coeficiente positivo para el logaritmo del ingreso y un coeficiente negativo para su término cuadrático, ambos estadísticamente significativos. Este resultado es consistente con el planteamiento de Grossman y Krueger (1995), según el cual la presión ambiental puede aumentar en etapas iniciales del ingreso y disminuir después de alcanzar cierto umbral.

No obstante, el punto de giro estimado se ubicó alrededor de S/ 9,299.75, mientras que el ingreso máximo observado en la muestra fue de S/ 4,800. Por ello, aunque los signos del modelo son compatibles con una Curva Ambiental de Kuznets, el tramo descendente no se observa dentro del rango de ingresos analizado. En consecuencia, para los hogares de la muestra, mayores ingresos todavía se asocian con mayor generación de residuos.

Conclusión del objetivo específico 3. Existe evidencia parcial de una relación tipo Curva Ambiental de Kuznets entre ingreso y generación de residuos sólidos urbanos. Sin embargo, debido a que el punto de giro se encuentra fuera del rango de ingresos observado, no puede

afirmarse que dicha curva se cumpla plenamente en el contexto local. En la muestra analizada, predomina la fase ascendente: a mayor ingreso, mayor generación de residuos.

En síntesis, los resultados confirman que la gestión de residuos sólidos urbanos en Sullana debe abordarse desde una perspectiva integral. No basta con mejorar el servicio de recolección; también es necesario fortalecer la educación ambiental, la información ciudadana, la percepción del servicio y las prácticas de reducción y separación de residuos en los hogares.

VII. RECOMENDACIONES

A partir de los resultados obtenidos, se recomienda fortalecer el análisis técnico de la generación de residuos sólidos urbanos considerando como variables prioritarias el tamaño del hogar, el ingreso y la conciencia ambiental. Dado que los hogares más numerosos y con mayores ingresos presentan mayor generación de residuos, se recomienda que futuros estudios y diagnósticos municipales clasifiquen a los hogares según número de integrantes, nivel de ingreso y cantidad semanal de residuos generados. Esta segmentación permitiría identificar perfiles de hogares con mayor presión sobre el sistema de residuos y mejorar la precisión de los diagnósticos técnicos.

Asimismo, se recomienda incorporar indicadores de generación de residuos tanto a nivel total del hogar como a nivel per cápita. Si bien la presente investigación utilizó la generación semanal por hogar, el uso complementario de indicadores per cápita permitiría diferenciar si un hogar genera más residuos únicamente por tener más integrantes o si presenta patrones de consumo más intensivos. Esta recomendación es importante porque el tamaño del hogar fue uno de los factores más relevantes en el modelo estimado.

Respecto a la conciencia ambiental, se recomienda diseñar instrumentos técnicos de medición más específicos que permitan evaluar hábitos concretos de reducción, reutilización y separación de residuos. El resultado negativo y significativo de la conciencia ambiental sobre la generación de residuos sugiere que esta variable no debe medirse solo de manera general, sino mediante escalas más detalladas que identifiquen prácticas como reducción del uso de bolsas, reutilización de envases, separación de orgánicos e inorgánicos, y disposición diferenciada.

En relación con la práctica de reciclaje o separación en origen, se recomienda priorizar técnicamente las variables de información, conciencia ambiental, frecuencia de recolección y percepción del servicio. Los resultados del modelo Probit reducido muestran que estas variables incrementan la probabilidad de reciclar o separar residuos. Por tanto, los futuros instrumentos de encuesta deben incluir preguntas más precisas sobre tipo de información recibida, canales de comunicación, frecuencia real del servicio, satisfacción del hogar y confianza en el destino final de los residuos separados.

También se recomienda construir un sistema de indicadores para monitorear la separación

V°B° DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN
UNIVERSIDAD NACIONAL DE FRONTERA V° B°

en origen. Dicho sistema debería incluir, como mínimo, la proporción de hogares que separan residuos, frecuencia de separación, tipo de material separado, conocimiento sobre reciclaje, percepción del servicio y continuidad de la práctica. Esto permitiría pasar de una medición simple de "recicla/no recicla" hacia una medición más técnica del comportamiento ambiental de los hogares.

Respecto a la Curva Ambiental de Kuznets, se recomienda ampliar la cobertura de la muestra en futuros estudios, especialmente incorporando hogares de mayores niveles de ingreso. En esta investigación, el punto de giro estimado se ubicó por encima del ingreso máximo observado en la muestra, por lo que no fue posible verificar completamente el tramo descendente de la curva. Una muestra con mayor variabilidad de ingresos permitiría evaluar con mayor precisión si, a partir de cierto umbral económico, la generación de residuos empieza efectivamente a disminuir.

Asimismo, se recomienda complementar el modelo cuadrático de Kuznets con especificaciones alternativas, como modelos por tramos, regresiones spline o modelos semiparamétricos. Esto permitiría comprobar si la relación entre ingreso y generación de residuos realmente sigue una forma de U invertida o si presenta otro patrón no lineal. Esta recomendación es relevante porque el modelo encontró evidencia parcial de Kuznets, pero el punto de giro quedó fuera del rango observado.

Finalmente, se recomienda que futuras investigaciones utilicen bases de datos longitudinales o mediciones repetidas en el tiempo. Dado que el presente estudio es transversal, los resultados permiten identificar asociaciones estadísticas, pero no cambios dinámicos en el comportamiento de los hogares. Un seguimiento temporal permitiría evaluar si la conciencia ambiental, la información y la mejora en la percepción del servicio generan cambios sostenidos en la reducción y separación de residuos sólidos urbanos.

En síntesis, las recomendaciones técnicas se orientan a mejorar la medición, segmentación y modelación de la generación y reciclaje de residuos sólidos urbanos. Los hallazgos sugieren que el análisis futuro debe centrarse en hogares numerosos, patrones de ingreso, conciencia ambiental, información sobre reciclaje, percepción del servicio y mayor variabilidad de ingresos para evaluar con mayor solidez la hipótesis de la Curva Ambiental de Kuznets.



VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Angrist, J. D., & Pischke, J.-S. (2008). *Mostly Harmless Econometrics: An Empiricist's Companion*. Princeton University Press. https://doi.org/10.2307/j.ctvcm4j72

Armenta-Vergara, R. M. (2025). Understanding household recycling behavior in a developing country: Socioeconomic and territorial gaps in Colombia. *Journal of Environmental Management*, *392*, 126743. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2025.126743

Bartlett, J., Kotrlik, J., & Higgins, C. (2001). *Determining Appropriate Sample Size in Survey Research*. Docslib. https://docslib.org/doc/6213827/determining-appropriate-sample-size-in-survey-research

Brown, Z. S. (2024). *Household waste practices: New empirical evidence and policy implications for sustainable behaviour* (249.ª ed., OECD Environment Working Papers) [OECD Environment Working Papers]. https://doi.org/10.1787/9e5e512c-en

Cameron, A. C., & Trivedi, P. K. (2005). *Microeconometrics: Methods and Applications*. Cambridge University Press. https://books.google.com.pe/books?id=Zf0gCwxC9ocC

Cochran, W. G. (1977). *Sampling techniques*. john wiley & sons. https://goo.su/mjljh

Creswell, J., & Creswell, D. (2018). *Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches | Online Resources*. https://edge.sagepub.com/creswellrd5e

Fadhullah, W., Imran, N. I. N., Ismail, S. N. S., Jaafar, M. H., & Abdullah, H. (2022). Household solid waste management practices and perceptions among residents in the East Coast of Malaysia. *BMC Public Health*, *22*(1), 1. https://doi.org/10.1186/s12889-021-12274-7

Gonzáles, P. R., Mogollón García, F. S., & Gives Mujica, E. W. (2021). GESTIÓN

ACTUAL DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS EN LOS DISTRITOS DE PIURA Y CASTILLA CAMINO AL DESARROLLO SOSTENIBLE. *TZHOECOEN*, *13*(2), 94-106. https://doi.org/10.26495/tzh.v13i2.2003

Gonzáles Tomiyama, P. R., Mogollón García, F. S., & Gives Mujica, E. W. (2021). GESTIÓN ACTUAL DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS EN LOS DISTRITOS DE PIURA Y CASTILLA CAMINO AL DESARROLLO SOSTENIBLE. *TZHOECOEN*, *13*(2), 94-106. https://doi.org/10.26495/tzh.v13i2.2003

Grossman, G. M., & Krueger, A. B. (1995). Economic Growth and the Environment. *The Quarterly Journal of Economics*, *110*(2), 353-377. https://doi.org/10.2307/2118443

Gujarati, D., & Porter, D. (2010). *Econometría* (S. A. McGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES, Ed.).

Henao-Rodríguez, C., Lis-Gutiérrez, J. P., & Sierra, A. S. G.-. (2024). Factors Influencing Environmental Awareness and Solid Waste Management Practices in Bogotá: An Analysis Using Machine Learning. *Air, Soil and Water Research*, *17*, 11786221241261188. https://doi.org/10.1177/11786221241261188

Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, M. del P. (2014a). *Metodologia de la Investigación: 6ta Ed.*

Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014b). Metodología de la investigación. En *Mc Graw Hill* (Vol. 53, Número 9). https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004

Hidalgo-Crespo, J. A., Velastegui-Montoya, A., Soto, M., Amaya Rivas, J. L., Zwolinski, P., Riel, A., & Rivas García, P. (2024). Improving urban waste management: A comprehensive study on household waste generation and spatial patterns in the Grand Guayaquil Metropolitan Area. *Waste Management & Research: The Journal for a Sustainable Circular Economy*, *42*(10), 918-931.

https://doi.org/10.1177/0734242X241262714

Hosmer, D. W., Lemeshow, S., & Sturdivant, R. X. (2013). *Applied Logistic Regression* (1.ª ed.). Wiley. https://doi.org/10.1002/9781118548387

INEI. (2024). *ESTIMACIONES Y PROYECCIONES DE POBLACIÓN*. https://www.inei.gob.pe/estadisticas/indice-tematico/population-estimates-and-projections/

Long, S., & Freese, J. (2014). *Stata Bookstore: Regression Models for Categorical Dependent Variables Using Stata, Third Edition*. https://www.stata.com/bookstore/regression-models-categorical-dependent-variables/

López, L. E. (2025). Gestión municipal de residuos sólidos en San Martín, Perú: Determinantes socioeconómicos. *Quipukamayoc*, *33*(69), 25-37. https://doi.org/10.15381/quipu.v33i69.29607

MINAM. (2025). *Municipios reportan incremento en valorización de residuos sólidos durante 2024*. https://www.gob.pe/institucion/minam/noticias/1205034-municipios-reportan-incremento-en-valorizacion-de-residuos-solidos-durante-2024

MUNISULLANA. (2025). *Resolución de Alcaldía N.° 0271-2025-MPS*. https://www.gob.pe/institucion/munisullana/normas-legales/7008634-0271-2025-mps

Orihuela, J. (2019). *Un analisis de Eficiencia de la Gestión Municipalde Residuos Sólidos en el Perú y sus Determinantes*. INEI. https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/investigaciones/residuos-solidos.pdf

Padilla-Vento, J. L., & Soria, J. J. (2025). Statistical approach for the evaluation of household solid waste generation in Peruvian households: 2014–2021. *Frontiers in Applied*

Mathematics and Statistics, *11*, 1498513. https://doi.org/10.3389/fams.2025.1498513

Stock, J. H., & Watson, M. W. (2020). *Introduction to econometrics*. Pearson.

UNEP, U. N. (2024, febrero 25). *Global Waste Management Outlook 2024 | UNEP - UN Environment Programme*. https://www.unep.org/resources/global-waste-management-outlook-2024

Wooldridge, J. M. (2010). *Econometric Analysis of Cross Section and Panel Data* (2.ª ed.). MIT Press.

Yactayo-Flores, A. M., Huiman Cruz, A., & Reyes-Mandujano, I. F. (2025). Agrupamiento de los distritos de la provincia de Lima, Perú, por similitud en los niveles de residuos sólidos (orgánicos e inorgánicos) domiciliarios aprovechables. *Revista Kawsaypacha: Sociedad y Medio Ambiente*, (16), D-010. https://doi.org/10.18800/kawsaypacha.202502.D010

Zhao, Y., Diunugala, H. P., & Mombeuil, C. (2021). Factors affecting household solid waste generation and management in Sri Lanka: An empirical study. *Environmental Monitoring and Assessment*, *193*(12), 838. https://doi.org/10.1007/s10661-021-09633-7

V°B°

ANEXOS

ENCUESTA A HOGARES SOBRE GENERACIÓN Y RECICLAJE DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS

Sullana – Bellavista, 2025
Código de encuesta: _____
Fecha: ____ / ____ / 2025
Distrito: 1. Sullana ( ) 0. Bellavista ( )
Sector / zona: _____
Encuestador: _____

PRESENTACIÓN AL ENCUESTADO

Buenos días/tardes. Estamos realizando una encuesta académica sobre la generación de residuos sólidos y las prácticas de reciclaje en los hogares de Sullana y Bellavista. La información será confidencial y se usará únicamente con fines de investigación. La encuesta no solicita nombres, DNI ni información personal identificable.

¿Acepta participar voluntariamente en la encuesta?

1. Sí ( )
2. No ( ) → Finalizar encuesta.

I. CARACTERÍSTICAS DEL HOGAR

1. Sexo de la persona encuestada

1. Hombre ( )
2. Mujer ( )

2. Edad de la persona encuestada

_____ años

3. ¿Cuántas personas viven actualmente en este hogar?

_____ personas

4. ¿Cuál es el nivel educativo alcanzado por el jefe(a) o representante del hogar?

1. Primaria ( )
2. Secundaria ( )
3. Superior técnica ( )
4. Superior universitaria ( )
5. Posgrado ( )

5. ¿Cuál es la ocupación principal del jefe(a) o representante del hogar?

1. Trabajador dependiente ( )
2. Trabajador independiente ( )
3. Ama de casa ( )
4. Estudiante ( )
5. Desempleado ( )
6. Jubilado ( )

6. Aproximadamente, ¿cuál es el ingreso mensual total del hogar?

S/ _____ mensuales

Si la persona no desea decir el monto exacto, marcar un rango:

1. Menos de S/ 500 ( )
2. S/ 500 a S/ 999 ( )
3. S/ 1,000 a S/ 1,499 ( )
4. S/ 1,500 a S/ 1,999 ( )

5. S/ 2,000 a S/ 2,499 ( )
6. S/ 2,500 a S/ 2,999 ( )
7. S/ 3,000 a S/ 3,499 ( )
8. S/ 3,500 a S/ 3,999 ( )
9. S/ 4,000 a más ( )
10. No responde ( )

II. GENERACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS DEL HOGAR

7. En una semana normal, ¿cuántas bolsas de basura saca su hogar?

_____ bolsas por semana

8. ¿Qué tamaño de bolsa usa normalmente para sacar la basura?

1. Bolsa pequeña ( )
2. Bolsa mediana ( )
3. Bolsa grande ( )
4. Usa varios tamaños ( )

9. Aproximadamente, ¿cuántos kilogramos de basura genera su hogar por semana?

Sugerencia al encuestador: si la persona no sabe responder en kg, estimar según bolsas.

_____ kg por semana

Guía de estimación para el encuestador:

Bolsa pequeña ≈ 2 kg
Bolsa mediana ≈ 4 kg
Bolsa grande ≈ 6 kg

10. ¿Qué tipo de residuos genera con mayor frecuencia su hogar?

1. Restos de comida / residuos orgánicos ( )
2. Plásticos / botellas / bolsas ( )
3. Papel y cartón ( )
4. Vidrio ( )
5. Latas o metales ( )
6. Residuos mezclados ( )

11. ¿Considera que su hogar genera mucha basura?

1. Nada ( )
2. Poco ( )
3. Regular ( )
4. Mucho ( )
5. Demasiado ( )

III. SERVICIO DE RECOLECCIÓN DE RESIDUOS

12. ¿Su hogar cuenta con servicio de recolección de residuos sólidos?

1. Sí ( )
2. No ( )

13. ¿Cuántas veces por semana pasa el servicio de recolección por su vivienda?

_____ veces por semana

14. ¿Cómo califica la frecuencia del servicio de recolección?

1. Muy mala ( )
2. Mala ( )
3. Regular ( )
4. Buena ( )
5. Muy buena ( )

15. En general, ¿cómo califica el servicio de recolección de residuos en su zona?

1. Muy malo ( )
2. Malo ( )
3. Regular ( )
4. Bueno ( )
5. Muy bueno ( )

16. ¿Confía en que los residuos reciclables separados por los hogares reciben un tratamiento adecuado?

1. Nada ( )
2. Poco ( )
3. Regular ( )
4. Bastante ( )
5. Mucho ( )

IV. RECICLAJE Y SEPARACIÓN DE RESIDUOS EN ORIGEN

17. Antes de entregar la basura al recolector, ¿su hogar separa o recicla algunos residuos?

1. Sí ( )
2. No ( )

18. Si respondió "Sí", ¿qué residuos separa con mayor frecuencia?

Puede marcar más de una opción.

1. Botellas plásticas ( )
2. Papel y cartón ( )
3. Vidrio ( )
4. Latas o metales ( )
5. Residuos orgánicos ( )
6. Otros: _____

19. ¿Con qué frecuencia su hogar separa residuos?

1. Nunca ( )
2. Rara vez ( )
3. A veces ( )
4. Casi siempre ( )
5. Siempre ( )

20. Si su hogar no separa residuos, ¿cuál es la principal razón?

1. Falta de tiempo ( )
2. Falta de información ( )
3. No hay recojo diferenciado ( )
4. No sabe cómo separar ( )
5. No considera útil separar ( )
6. No tiene espacio en casa ( )
7. Otro: _____

21. ¿Ha recibido alguna información sobre reciclaje o separación de residuos?

1. Sí ( )
2. No ( )

22. ¿Por qué medio recibió información sobre reciclaje?

1. Municipalidad ( )
2. Colegio / universidad ( )
3. Redes sociales ( )
4. Televisión / radio ( )

V°B°

5. Vecinos o familiares ( )
6. No recibió información ( )
7. Otro: _____

V. CONCIENCIA AMBIENTAL

Ahora leeré algunas afirmaciones. Por favor indique qué tan de acuerdo está con cada una.

Escala:

1. Totalmente en desacuerdo
2. En desacuerdo
3. Ni de acuerdo ni en desacuerdo
4. De acuerdo
5. Totalmente de acuerdo

23. Separar los residuos en casa ayuda a reducir la contaminación.

1 ( ) 2 ( ) 3 ( ) 4 ( ) 5 ( )

24. Es responsabilidad de cada hogar reducir la cantidad de basura que genera.

1 ( ) 2 ( ) 3 ( ) 4 ( ) 5 ( )

25. El reciclaje contribuye al cuidado del ambiente.

1 ( ) 2 ( ) 3 ( ) 4 ( ) 5 ( )

26. Estaría dispuesto(a) a separar mis residuos si existiera recojo diferenciado.

1 ( ) 2 ( ) 3 ( ) 4 ( ) 5 ( )

27. En mi hogar tratamos de reducir el uso de bolsas, plásticos o envases descartables.

1 ( ) 2 ( ) 3 ( ) 4 ( ) 5 ( )

VI. OBSERVACIÓN FINAL DEL ENCUESTADOR

28. Según observación del encuestador, la vivienda se ubica en zona:

1. Urbana consolidada ( )
2. Urbano marginal ( )
3. Asentamiento humano ( )
4. Otro: _____

V°B°