



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL COMAHUE

FACULTAD DE CIENCIAS DEL AMBIENTE Y LA SALUD

***“Análisis temporal de la cantidad de residuos
que ingresan al complejo ambiental de la
ciudad de Neuquén”***

Carrera: Licenciatura en Saneamiento y Protección Ambiental

Tesista: Macarena Liciotti.

Legajo: 133589

Directora: Dra. Andrea Lina Lavalle.

Co Directora: Dra. Adela María Bernardis.

Fecha de presentación de tesis:

2024

ÍNDICE

• Resumen.....	3
• Introducción.....	4
• Objetivos.....	10
• Antecedentes.....	11
• Marco Teórico.....	13
• Norma Vigente.....	15
• Metodología.....	22
- Población.....	22
- Depuración de la base de datos.....	25
- Análisis de datos.....	26
• Resultados.....	30
- Análisis global de datos.....	36
- Análisis global de datos sin datos ASPO (hasta abril 2020).....	38
- Análisis del comportamiento de empresas.....	42
- Análisis del comportamiento de la población.....	44
- Análisis de residuos que ingresan a relleno hasta octubre 2019.....	47
- Análisis de residuos que ingresan a planta de reciclaje hasta octubre 2019.....	49
- Consideraciones respecto a los pronósticos	52
• Conclusión.....	53
• Bibliografía.....	56

RESUMEN

El presente trabajo se efectuó en la ciudad de Neuquén, ubicada al este de la provincia de Neuquén, al oeste del Alto Valle, en el departamento Confluencia.

El aumento de la población en las ciudades y los cambios en los hábitos de consumo se ven reflejados en los residuos generados por parte de los mismos. Para que las políticas que acompañen la gestión de los residuos sea eficiente es preciso conocer cómo es la evolución para así posteriormente poder hacer una caracterización de los mismos.

El objetivo de la investigación radica en analizar la evolución del total de residuos recolectados en la ciudad de Neuquén con la finalidad de aportar información al plan de gestión de RSU.

Para ejecutar el estudio se utilizó el método estadístico de series de tiempo, la cual consiste en el registro de cualquier cantidad fluctuante medida en diferentes puntos del tiempo. Gracias a este método y su correlación gráfica es que se pudo analizar la tendencia y estacionalidad de los objetivos específicos propuestos para esta investigación.

El aporte de información generada por la investigación satisface el objetivo general y los específicos de generar antecedentes sobre la evolución de los residuos generados en la ciudad de Neuquén.

Por lo antedicho, se considera de importancia el aporte alcanzado por la investigación, ya que significa una contribución científica de base en materia de residuos, a partir de la cual, se pueden encaminar futuros estudios que complementen el objetivo planteado en esta tesis.

1. INTRODUCCIÓN

Los Residuos Sólidos Urbanos (RSU) provienen de las actividades desarrolladas por los seres humanos. Para la Coordinación Ecológica Área Metropolitana Sociedad del Estado (CEAMSE) (2012) la cantidad de residuo generado y la variabilidad en su composición se encuentra determinada por el estilo de vida, hábitos, costumbres y cultura de cada población humana (fig 1).



Figura 1: Variación en la composición de los RSU en función del nivel de ingreso en Latinoamérica. Fuente: Castillo et al., 2023

El presente trabajo de investigación abordará el estudio de la evolución temporal del total de Residuos Sólidos Urbanos (RSU) de la ciudad de Neuquén que se consideran un problema ambiental, social y económico de nuestra sociedad. Si bien las corrientes de residuos siguen sin un tratamiento adecuado, es necesario saber que es un tema complejo para abordar y no existe una solución única, al contrario, cada institución, organización y lugar, incorpora y adecúa un Sistema de Gestión de Residuos que pueda aplicar.

El incremento de la población, la creciente tendencia a la urbanización, el crecimiento económico, una significativa cantidad de personas que dejan la pobreza para unirse a una

incipiente clase media y los patrones de producción y consumo claramente insostenibles ligados a una economía lineal han generado un constante aumento en la generación de residuos (UNEP, 2016). Al principio los desperdicios eran insignificantes. Los problemas comenzaron con la llegada de la Revolución Industrial. A partir de ese momento, la gente produce basura a un ritmo mayor al necesario para que la misma se descomponga. Esto se debe a la sobrevaloración que las personas les dan a los productos ya que estamos continuamente produciendo basura debido a la ignorancia, estilos de vida, los malos hábitos, costumbres y la irresponsabilidad. Actualmente, cada año se generan más de 2000 millones de toneladas de residuos sólidos, número que se calcula crecerá para el año 2050 en un 70 % (Castillo et al., 2023).

Según un informe de Mirko Moskat del Taller Ecologista sobre la gestión integral de residuos sólidos urbanos, del año 2011 “la problemática de los RSU en Argentina está asociada a una serie de aspectos negativos, como son, entre otros, la existencia de basurales a cielo abierto, problemas serios de salud, marginación, trabajo infantil y degradación de la calidad del ambiente en general. Las medidas tomadas a lo largo del tiempo para resolver esta problemática no han tenido carácter integral y, por tanto, no se le ha podido dar solución a todos los factores directa o indirectamente implicados” (MirkoMoskat, Taller Ecologista. UnTER. 2016).

En Neuquén y el resto del área de la Confluencia la problemática observada asociada a los RSU es el incremento exponencial del volumen de residuos generados debido principalmente al aumento progresivo de la población y su concentración en determinadas áreas, los hábitos de consumo que incrementan la generación per cápita de residuos, escasos programas educativos a la comunidad sobre la temática, sistemas de tratamiento y/o disposición final inadecuados o inexistentes (ADI-NQN S.E.P, 2008).

Los RSU sin un tratamiento y/o disposición final adecuada son causantes de contaminación de los recursos hídricos, de la atmósfera, del suelo, provocan impacto negativo sobre la flora y fauna, alteran la calidad de vida y la salud de la población, incrementando los costos sociales y económicos. (ADI-NQN S.E.P, 2008).

En la ciudad de Neuquén los residuos sólidos tienen dos destinos:

- El Complejo Ambiental Neuquén (CAN) está ubicado en la meseta para los residuos

domiciliarios.

- El servicio de tratamiento y disposición final de los residuos patógenos, administrado por la misma empresa que tiene la concesión para la administración del CAN (Basaa SA).

El Plan Urbano Ambiental de la ciudad de Neuquén (PUA, 1997) considera que hay carencia de una gestión municipal integral de los residuos sólidos de la ciudad. Ello está relacionado con el manejo inadecuado de residuos sólidos tanto de origen domiciliario, patógenos, peligrosos (biocidas, industriales, etc.), como aquellos referentes a la recolección, tratamiento y disposición final dentro de la ciudad. La política de residuos sólidos domiciliarios, voluminosos, peligrosos (o tóxicos) buscará proteger la salud pública y los ecosistemas mediante la prevención de su generación fomentando políticas de minimización, reciclaje y recuperación de materiales secundarios o de energía (PUA, 1997).

En 2015 se inicia un proyecto de la Agencia de Inversiones de Neuquén que se destaca por mantener una visión integral del problema de los residuos. El mismo presenta un informe y propuesta denominado Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos en la región de los Valles y la Confluencia (UNPRE-GIRSU Decreto 1403/09). En él se propone eliminar los basurales a cielo abierto (tal cual lo dispone la Ley Provincial 2648 y la disposición de la Autoridad Ambiental Provincial N° 377/11) mediante la creación de una planta de tratamiento en el ejido municipal de Neuquén que reciba los residuos sólidos urbanos de Añelo, San Patricio del Chañar, Vista Alegre, Centenario, Neuquén capital, Plottier, Senillosa, Contralmirante Cordero, Cinco Saltos, Cipolletti, Gral. Fernández Oro y Allen (fig 2).



Figura 2: Localización propuesta de planta de tratamiento y estaciones de transferencia. Fuente: Agencia de Inversiones de Neuquén, 2015.

Este proyecto no ha podido ejecutarse, pero ha dejado algunas bases para la resolución intermunicipal del problema a nivel regional que se retomaría dos años más tarde en el año 2017. En enero 2017, los municipios de Neuquén, Cipolletti, Plottier, Centenario y Fernández Oro firmaron un acta compromiso para dar el primer paso en la implementación del tratamiento regional de residuos en el Complejo Ambiental Neuquén (CAN). La elección del sitio de deposición (igual al del proyecto GIRSU) al Norte del ejido de Neuquén puede ser criticable debido a que los vientos predominantes del Oeste llevarían olores hacia Cipolletti, y porque se encuentra en un sector de la ciudad de Neuquén hacia donde la expansión urbana se ha manifestado con fuerza.

Sin embargo, el acuerdo representa un esfuerzo de cooperación y un entendimiento regional de los problemas de municipios del Alto Valle, pese a que las ciudades de Cipolletti y Fernández Oro en la actualidad no disponen en el CAN (Pérez, 2018).

En el 2024 se firmó un nuevo convenio entre los intendentes de Neuquén capital, Centenario, Vista Alegre, Plottier y San Patricio del Chañar para dar inicio al plan integral de tratamiento de la basura que se llevará adelante en el complejo ambiental de la capital. Durante la duración de este convenio las ciudades podrán traer sus residuos al actual Complejo Ambiental Neuquén (CAN) para lo cual deberán abonar una tasa para ingresar al centro ambiental y una de las condiciones para poder hacerlo es hacer la separación de residuos en origen y trasladarlos por su cuenta.

Por lo tanto, una gestión sostenible de los recursos naturales traspasa necesariamente el marco espacial de una ciudad y obliga a actuar de forma integrada y coordinada a lo largo de todas las actividades económicas: extracción, transformación, distribución y consumo, contemplando en las mismas los objetivos de reducción (minimización), recuperación y aprovechamiento de los residuos con el fin de minimizar los actuales impactos ambientales derivadas de la gestión de los residuos sólidos urbanos (ADI-NQN S.E.P, 2008).

Por estos motivos, la solución debe involucrar a todos los habitantes, quienes los generan; los funcionarios municipales, encargados de llevar adelante políticas; y quienes disponen de los recursos económicos para ello.

Puntualmente la ciudad de Neuquén al día de la fecha presenta una disposición final para residuos sólidos urbanos a través de relleno sanitario ubicado en un complejo ambiental donde también tienen una planta separadora de residuos para su aprovechamiento, aunque no cuentan con una caracterización adecuada de los residuos que actualmente genera la ciudad (Abraham, 2020).

Para los municipios es importante contar con información básica acerca de la generación de residuos y su caracterización para el desarrollo de proyectos y operaciones para el manejo de residuos sólidos. Para poder desarrollar estos proyectos y operaciones que aseguren una gestión correcta de los residuos, es necesario caracterizarlos a través de estudios que permitan dimensionar adecuadamente los requerimientos particulares de cada localidad. En particular, el conocimiento sobre el volumen de residuos generados y su evolución a lo largo del tiempo, permitirá contar con información para realizar planes de manejo a futuro.

Entonces, dada a esta situación, es que nos preguntamos cómo es la variación temporal de los residuos que se generan en la ciudad de Neuquén con el fin de planificar y diseñar diferentes estrategias de gestión, como planes de muestreo para caracterización, proyectos para reducir la cantidad de residuos generados de los que se generan reducir la cantidad que se disponen en el relleno sanitario y aumentar el recupero de residuos reciclables en la planta de reciclado

La Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos (GIRSU) es uno de los desafíos de política pública más importante que enfrentan los municipios argentinos en la actualidad. Por lo tanto, este trabajo de investigación se enfoca en analizar la generación de residuos y su evolución en el tiempo a fin de brindar información útil para planes de gestión a futuro.

2. OBJETIVOS

Objetivo General:

Analizar la evolución del total de residuos recolectados en ciudad de Neuquén con la finalidad de aportar información al plan de gestión de RSU

Objetivos Específicos:

- Conformar las bases de datos del total de residuos de los años 2016 a 2020, por mes, según procedencia y según destino, a partir de las planillas de registro diario del CAN.
- Modelizar el total de residuos a lo largo del tiempo, detectando sus componentes.
- Establecer modelos diferenciados para residuos generados en zonas urbanas y residuos generados por empresas
- Analizar la evolución del total de residuos que ingresan a planta de tratamiento
- Analizar la evolución del total de residuos que ingresan a relleno
- Detectar las componentes temporales en la producción de residuos de la ciudad de Neuquén.
- Realizar propuestas para la planificación del muestreo para la caracterización de los residuos de la ciudad de Neuquén.

3. ANTECEDENTES

En la tesis de Licenciatura en saneamiento y protección ambiental de Agustina Padín (2007) se estudiaron las características de los residuos sólidos urbanos de la ciudad de Catriel (Río Negro). Para la caracterización utilizó la norma ASTM 5231-92, demostrando que más del 50% de los residuos son orgánicos.

Gabriela Rivera Jara tuvo que redefinir una metodología de muestreo diferente a la planteada por la norma utilizada por Agustina Padín para caracterizar los residuos de Villa Regina (Río Negro). Ella arribó al mismo resultado de que más del 50% de los residuos generados son orgánicos.

En 2017 Nicolás Allende desarrolló su tesis denominada “Aproximación a la problemática de los RSU desde la percepción de los habitantes del asentamiento informal Los Hornos de la ciudad de Neuquén”. Mediante encuestas encuentra que en ese sector de la ciudad la cobertura del servicio de recolección de residuos es escaso. También encuentra que los habitantes conocen que los residuos se pueden clasificar, lo que debe ser destacado al momento de diseñar estrategias de gestión.

El trabajo de investigación realizado por Alfredo Nicolás Abraham (2020), “Caracterización de los residuos sólidos urbanos generados en la ciudad de Junín de los andes, provincia del Neuquén: Aportes para el diseño de una planta de recuperación”, se considera como un antecedente a nivel regional. Dicho trabajo de tesis tuvo por objetivo principal determinar la composición de residuos sólidos urbanos generados en la ciudad de Junín de Los Andes. Se realizaron 210 muestreos en el basural de la ciudad de Junín de los Andes para representar la variabilidad de los RSU generados por la población.

El trabajo de investigación desarrollado por Alejandra Cinfuentes (2011), “Aproximación a la gestión de residuos sólidos domiciliarios en Chos Malal: caracterización y composición”, se considera como un antecedente a nivel regional. Dicho trabajo de tesis tuvo por objetivo principal realizar una descripción de la gestión de los residuos sólidos domiciliarios de la ciudad de Chos Malal desde el punto de vista cuantitativo y cualitativo. Se utilizó la técnica de recolección directa de bolsas de residuos y posterior determinación de componentes a partir de un muestreo aleatorio en dos estaciones del año. Para determinar los

conocimientos de los ciudadanos sobre la gestión de los mismos se realizó una encuesta. En este sentido, se llevaron adelante encuestas a vecinos de diferentes barrios de Chos Malal y, por otro lado, se intentó conocer la perspectiva que tienen actores relevantes en esta problemática, funcionarios municipales (Secretaría de Servicios y Obras Públicas), encargados de planificar y efectuar la recolección de los residuos sólidos.

El trabajo de investigación realizado por Rivera Jara Gabriela Alejandra “Determinación de la cantidad y composición de residuos en la localidad de Villa Regina, Río Negro” se considera un antecedente a nivel regional. Dicha investigación tuvo como objetivo determinar la cantidad y composición de los residuos sólidos urbanos generados en la localidad de Villa Regina. El aporte de información cuantitativa generada por la investigación satisface, pero no completamente, el objetivo principal e inicialmente planteado, de generar antecedentes con criterios científicos acerca de los parámetros poblacionales en materia de cantidad de los componentes de los residuos sólidos urbanos. Es por esto que se considera de importancia el aporte alcanzado de la investigación, ya que significa una contribución científica de base en materia de residuos a partir de la cual se pueden encaminar futuras investigaciones complementarias.

En un estudio realizado en Mar del Plata se evidencia que los residuos son el principal problema ambiental y al mismo tiempo se han convertido en una cadena de valor global, que debe ser analizada por cadena de valor específica de cada material y bajo una mirada de sustentabilidad que trabaja profundamente sobre los sectores formales e informales de recuperación. Esta investigación se centra en el análisis de la cadena de valor en la relación con la sustentabilidad urbana de la ciudad de Mar del Plata, sin embargo, considera importante recordar que bajo la estrategia de las 4R (Reducir, Reutilizar, Reciclar y Recuperar) es prioritario el desarrollo de estrategias de reducción y reúso de materiales para luego dar lugar al reciclado y la recompra de materiales (Gonzalez Insua y Ferraro, 2015).

4. MARCO TEÓRICO

Se entiende por residuo todo material que es destinado al abandono por su productor o poseedor, pudiendo resultar de un proceso de fabricación, transformación, utilización, consumo o limpieza; es un subproducto de una actividad de producción y consumo que puede tener un valor económico y, por lo tanto, tiene capacidad de ser reutilizado o convertirse en materia prima para un nuevo producto (Castillo et al., 2023). Deben comprenderse como el resultado de la interacción de las sociedades con sus ecosistemas, por lo son un reflejo de los modelos sociales y sus estructuras productivas (Soliz T., 2017). Los residuos sólidos comprenden todos aquellos residuos que provienen de la actividad humana, son sólidos y son desechados como inútiles o superfluos (Tchobanoglous et al., 1994).

Según Pérez y Gamallo (1994) debe ser considerado residuo todo aquello que no tenga ninguna utilidad posterior y que debe ser eliminado, introduciendo de esta manera la idea de reciclaje y/o reutilización de todos aquellos elementos con propiedades adecuadas.

Los residuos sólidos urbanos (RSU), que se producen en los núcleos de población constituyen un problema para el hombre desde el momento en que su generación alcanza importantes volúmenes y, como consecuencia, empiezan a invadir su espacio vital o de esparcimiento. Se incluyen dentro de los residuos sólidos urbanos todos los que se generan en la actividad doméstica, comercial y de servicios, así como los procedentes de la limpieza de calles, parques y jardines (Cavallin, 2019).

Según la procedencia y la naturaleza de estos residuos se pueden clasificar en (Nubia y Moncada, 2010):

- **Residuos domiciliarios** son residuos sólidos procedentes de la actividad doméstica, como residuos de la cocina, restos de comida, papeles, vidrios y demás bienes de consumo, que por su tamaño pueden ser recogidos por los servicios municipales normales.
- **Residuos voluminosos** son residuos de origen doméstico, tales como grandes embalajes, muebles, etc., y que debido a sus dimensiones no son adecuados para su recolección por los servicios municipales normales, pero que pueden ser eliminados junto con los residuos domiciliarios.

- **Residuos de limpieza de vías y áreas públicas** son los procedentes de las actividades de limpieza de calles y de arreglo de parques y jardines (hierba cortada, hojarasca, troncos y ramas de hasta un metro de longitud, etc.).
- **Residuos comerciales y de servicios** son los residuos generados en las distintas actividades comerciales (tiendas, mercados, almacenes, centros comerciales, etc.) y del sector de servicios (bancos, oficinas, centros de enseñanza, etc.).

La naturaleza de los residuos sólidos urbanos es enormemente variada y debe estudiarse en cada momento y en cada localidad, ya que, en efecto, los RSU varían (Nubia y Moncada, 2010):

- **Según su ORIGEN**, puesto que pueden ser domésticos, procedentes de industrias o de establecimientos comerciales, de la limpieza de las calles o de los edificios públicos, etcétera.
- **Según el LUGAR DE PROCEDENCIA**, las zonas urbanas producen residuos distintos que los de las zonas rurales.
- **Según la VARIACIÓN CLIMÁTICA**, en verano se suelen consumir más verduras y frutas y en invierno se suelen producir más cenizas. Además, según su variación estacional se pueden ver modificadas las cantidades de residuos generados en las ciudades producidos por la migración por vacaciones o fines de semana en las que se visitan casas de fines de semana alejadas de las ciudades.
- **Según el NIVEL DE VIDA**, la población con mejor economía suele producir más residuos; en zonas deprimidas se consume menos. El nivel de vida influye también en la cantidad de basura, siendo más abundante en las zonas residenciales que en los barrios pobres. En estos últimos, además de consumirse menos, se aprovechan los bienes al máximo reciclando la mayor parte de los materiales de desecho.

De todas estas variaciones, sin duda alguna, la más importante en la composición de los residuos es el **aumento del nivel de vida**, siendo también el factor más influyente a largo plazo para la gestión de los RSU. La composición de los residuos puede ir evolucionando en una ciudad de forma considerable en función del cambio de vida de sus habitantes. Además, el crecimiento de las ciudades fue acompañado proporcionalmente por el aumento

de los residuos con sus consecuentes inconvenientes: basurales a cielo abierto, incineraciones, vertederos y rellenos sanitarios, fueron diferentes metodologías adoptadas a fin de afrontar la gestión de los residuos a lo largo de la historia (Nubia y Moncada, 2010). Cuando hablamos de **basurales** a cielo abierto nos referimos a residuos sólidos que se disponen de forma indiscriminada, sin control de operación y con escasas medidas de protección ambiental sobre el terreno. En cambio, cuando hablamos de **rellenos sanitarios** nos referimos a una porción de terreno que se prepara previamente para evitar la degradación del suelo, la contaminación de las fuentes de agua y de la atmósfera, para finalmente disponer los residuos sólidos de manera segura para el ambiente y la salud (Ministerios de Ambiente y Desarrollo Sostenible 2022).

La generación de residuos sólidos ha ido evolucionando a lo largo de los años conforme a los cambios tecnológicos (diferentes tipos de materiales, envases, envoltorios), los patrones y las pautas culturales y las fluctuaciones en los niveles de ingreso de la población (Fundación ciudad, 2004), por lo cual es necesario realizar un estudio detallado de cuál es la tendencia actual en cuanto a la cantidad de RSU que se generan por habitante por día.

Enfrentar la problemática de los RSU requiere de una perspectiva más amplia que la exclusivamente local, involucrando a las provincias en la planificación jurisdiccional del manejo de los residuos y a la Nación en la definición de las acciones estratégicas basadas en el concepto de Gestión Integral. Ambas deberán estar contenidas en un adecuado marco jurídico-institucional, y fundamentadas en los principios del desarrollo sostenible (ENGIRSU, 2005). Para una óptima gestión de los RSU se requiere el compromiso tanto del gobierno Nacional, como por parte de los municipios, empresas privadas, organizaciones no gubernamentales (Ong's) y de cualquier persona involucrada en la toma de decisiones en cuanto a la Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos.

El capítulo 21 de la Agenda 21 Manejo Ecológicamente Racional de los Residuos Sólidos, establece las bases para un manejo integral de los residuos sólidos urbanos como parte del desarrollo sostenible. Según este documento el manejo de los residuos debe contemplar la minimización de la producción de residuos, el reciclaje, la recolección y el tratamiento y disposición final adecuados. Asimismo, se sostiene también que cada país y cada ciudad deberán establecer sus programas para lograr lo anterior de acuerdo a sus condiciones locales y a sus capacidades económicas. De acuerdo a las metas a corto y mediano plazo fijados por la Conferencia de Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo los

países en desarrollo tendrán que haber establecido las capacidades para monitorear y para establecer programas nacionales con metas propias a las siguientes cuatro áreas: reducción al mínimo de los desechos, aumento al máximo el aprovechamiento y reciclado ecológicamente racionales de los desechos, promoción de la eliminación y el tratamiento ecológicamente racionales de los desechos y ampliación del alcance de los servicios que se ocupan de los desechos (Acurio et al., 1997).

El marco de la acción necesaria debería apoyarse en una jerarquía de objetivos y centrarse en las cuatro principales áreas de programas mencionadas anteriormente que a continuación se detallan (Acurio et al., 1997):

- **Reducción al mínimo de los desechos:**

La existencia de pautas de producción y consumo no sostenibles está aumentando la cantidad y variedad de los residuos persistentes en el medio ambiente a un ritmo sin precedentes. Un enfoque preventivo de la gestión de los residuos centrado en la transformación del estilo de vida y de las modalidades de producción y consumo ofrece las mayores posibilidades de invertir el sentido de las tendencias actuales.

- **Aumento al máximo de la reutilización y el reciclado ecológicamente racionales de los residuos:**

Las prácticas seguidas actualmente en materia de eliminación amenazan el medio ambiente. A medida que se modifica la economía de los servicios de eliminación, su reciclado y la recuperación de recursos están resultando cada día más rentables. En los futuros programas de gestión de los residuos se deberían aprovechar al máximo los enfoques basados en el rendimiento de los recursos, para controlar la producción de los mismos. Estas actividades deberían realizarse conjuntamente con programas de educación ambiental. Es importante que se determinen los mercados para los productos procedentes de materiales aprovechados al elaborar los programas de aprovechamiento y reciclado.

- **Promoción de la eliminación y el tratamiento ecológicamente racionales de los residuos:**

Aun cuando los residuos se reduzcan al mínimo, siempre quedarán algunos incluso después de su tratamiento, todos los vertidos de residuos producen algún efecto residual en el medio ambiente en el que se realizan. Por consiguiente, existe margen para mejorar las prácticas de tratamiento y eliminación de los mismos.

- **Ampliación del alcance de los servicios que se ocupan de los desechos:**

Para finales del siglo XX más de 2.000 millones de personas carecían de los servicios sanitarios básicos, y se estimaba que la mitad de la población urbana de los países en desarrollo no tendrían servicios adecuados de eliminación de los residuos sólidos. No menos de 5,2 millones de personas, entre ellas 4 millones de niños menores de 5 años, mueren cada año a causa de enfermedades relacionadas con los residuos.

Las consecuencias para la salud son especialmente graves en el caso de la población urbana pobre. Sin embargo, las consecuencias para la salud y el medio ambiente de una gestión poco adecuada rebasan el ámbito de los asentamientos carentes de servicios y se hacen sentir en la contaminación del agua, la tierra y el aire en zonas más extensas. El mejoramiento de los servicios de recolección y eliminación de los desechos por métodos seguros son decisivos para lograr la reducción de esta forma de contaminación.

La basura representa para las ciudades un problema de difícil resolución. La recolección y eliminación de la basura doméstica está a cargo de los municipios, que en muchos casos contratan a empresas privadas para el servicio. Distintos procedimientos pueden ser utilizados para dar destino final a la basura: incineración, relleno sanitario, entre otros. El relleno sanitario consiste en la deposición de la basura en terrenos elegidos previamente recubiertos con membranas para su impermeabilización, su compactación y el cubrimiento con tierra. Se forman así celdas dentro de las cuales se produce la transformación de la materia orgánica sin ninguno de los problemas que caracterizan al basural abierto (fuentes de olores desagradables, criaderos de moscas y ratas, que afectan la estética de la ciudad). Dicho procedimiento ofrece ciertas ventajas como la posibilidad de rehabilitar terrenos para usos diversos, con algunas restricciones; ventajas sanitarias en lo que respecta a vectores, malos olores, contaminación atmosférica y una inversión inicial reducida (Ciminari et al., 1996).

Una alternativa en la disposición final es la selección y separación de los residuos según sean orgánicos o inorgánicos. Estos últimos pueden ser clasificados (papeles, botellas, cartones, latas, etc.), ya que todos tienen un mercado atractivo donde pueden ser colocados. El municipio de Neuquén comenzó en 2016 con la separación de residuos desde los hogares, sin embargo, la iniciativa no ha tenido mucho éxito debido a la falta de interés de gran parte de la población.

Para poder llevar a cabo una mejor gestión de los residuos es importante conocer cómo es la generación de los mismos, es por eso que es importante hacer muestreos de los residuos generados para así poder tener una caracterización de los mismos.

Conociendo como es la tendencia de generación de residuos, sus picos de generación y sus momentos promedios, es posible establecer una propuesta de muestreo.

Con una caracterización adecuada de los residuos se pueden generar unidades de negocio dentro de la planta recicladora para obtener un aprovechamiento de los residuos que se generan.

5. *NORMATIVA VIGENTE*

A través de las normas jurídicas los países definen la dirección y los criterios de abordaje de temas específicos y establecen las responsabilidades, según sus condiciones geográficas, económicas, culturales y sociales, teniendo en cuenta también sus

conformaciones políticas. Esta última cuestión resulta de gran relevancia en relación con el sistema jurídico e institucional vigente en cada país, lo que por supuesto implica consecuencias en las normas ambientales y en las instituciones que deberían hacerlas cumplir. (ONU, 2018)

- Leyes de Presupuestos Mínimos

A partir del año 2002 el Congreso Nacional comenzó a dictar algunas leyes de presupuestos mínimos de protección ambiental, sancionando normas relativas a la gestión de residuos industriales, aguas, PCB's, residuos domiciliarios y un "marco general ambiental". Estas normas implican un mínimo de protección que debe ser garantizado por las provincias.

- Ley General del Ambiente N° 25.675/2002

Constituye una norma de esencial importancia para el régimen jurídico ambiental argentino. Se trata del marco general a través del cual deberán interpretarse y aplicarse las normas sectoriales de presupuestos mínimos bajo la óptica de principios tales como el de precaución, prevención, equidad intergeneracional, responsabilidad, subsidiariedad, solidaridad y cooperación, entre otros.

La exigencia incorpora la realización previa de una Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) respecto de cualquier obra o actividad que pueda producir efectos degradantes sobre el ambiente o afectar la calidad de vida de la población, resultará enteramente aplicable a cualquier proyecto de gestión de residuos, aun cuando la legislación provincial o municipal carezca de previsiones en ese sentido.

Por último, impone al Poder Ejecutivo Nacional el deber de elaborar un informe anual sobre la situación ambiental del país, que deberá presentar ante el Congreso de la Nación.

En este sentido, se destaca que Argentina cuenta con una ley (Ley N° 25.831) que establece los presupuestos mínimos del libre acceso a la información pública ambiental, lo cual constituye un elemento más a tener en cuenta en lo que respecta a la información vinculada a la gestión de RSU.

- Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos Domiciliarios N° 25.916/2004

Esta ley, ha venido sin duda a regular una problemática ambiental de gran importancia para

nuestro país, aportando entre sus objetivos los siguientes:

- 1) Promover la valorización de los residuos.
- 2) Minimizar la cantidad que es derivada a disposición final.
- 3) Reducir los impactos negativos que éstos producen al ambiente.

La Ley de Residuos Domiciliarios establece que las autoridades locales:

- Deberán establecer “sistemas de gestión de residuos adaptados a las características y particularidades de su jurisdicción, los que deberán prevenir y minimizar los posibles impactos negativos sobre el ambiente y la calidad de vida de la población”.
- Podrán “suscribir convenios bilaterales o multilaterales, que posibiliten la implementación de estrategias regionales para alguna o la totalidad de las etapas de la gestión integral de los residuos domiciliarios”.
- Deberán promover “la valorización de residuos mediante la implementación de programas de cumplimiento e implementación gradual”.

- Ley Provincial N° 2648 /2009

La ley tiene por objeto establecer el conjunto de principios y obligaciones básicas para la gestión integral de los residuos sólidos urbanos que se generen en el ámbito territorial de la provincia del Neuquén, de conformidad con las disposiciones establecidas en la Ley nacional 25.916, con el fin último de proteger el ambiente y la calidad de vida de la población.

Debido a la adhesión a esta ley del 77% de los gobiernos locales de la provincia, se plantea trabajar en 5 centros regionales con las respectivas estaciones de transferencia, para que los municipios puedan llevar los residuos generados y optimizar el transporte hasta el centro regional.

- Decreto N° 1403/2009

Con este decreto se crea la Unidad de Preinversión para la Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos (UNPRE-GIRSU) la cual tendrá dentro de sus objetivos la realización de estudios de preinversión para la gestión integral de los residuos sólidos urbanos, realizar un diagnóstico de la situación actual de la gestión de los RSU, elaborar un proyecto tecnológico base que contemple tecnologías amigables con el medio ambiente para el

tratamiento y disposición final de los RSU y diseñar una estructura económica que permita llevar a cabo el proyecto tecnológico junto con la gestión integral de los residuos.

- Ordenanza N° 12.575/2012

La ordenanza establece la forma de disponer los residuos sólidos domiciliarios según la zona de generación. Siendo en contenedores con tapa provistos por la municipalidad en diferentes sectores de la ciudad o sobre canastos porta residuos en el resto de las zonas. Además, fija las prohibiciones del arrojado y/o disposición incorrecta de los residuos en diversos sectores de la ciudad.

- Ordenanza N° 13.604/2016

La ordenanza crea el Registro de Generadores Especiales de Residuos Sólidos Urbanos y considera que los generadores especiales son aquellas instituciones e industrias que produzcan RSU en una cantidad y calidad que requiera la implementación de Programas Específicos de Gestión.

Además, establece los tipos de generadores en función de la cantidad de RSU que generan y las obligaciones para los mismos.

6. METODOLOGÍA

6.1 Ubicación del Estudio

Neuquén es la ciudad capital de la provincia de Neuquén ubicada en la meseta de la Patagonia Argentina (Figura 3), posee una superficie total de 128 km² (Figura 3). Limita al norte con el ejido de Centenario, al este y sur con la provincia de Río Negro, al este con la ciudad de Cipolletti teniendo como límite el río Neuquén y al sur con la localidad de Las Perlas, teniendo como límite el río Limay, al oeste con el ejido de Plottier. La mencionada ciudad se encuentra conformada por un total de 49 barrios.



Figura 3 Localización de la Provincia de Neuquén

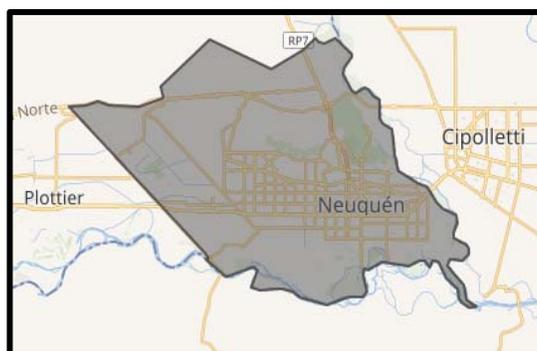


Figura 4: Mapa de la ciudad de Neuquén en la provincia de Neuquén

6.2 Población

Neuquén capital es una ciudad que alberga diariamente a más de 240.000 personas que habitan o desarrollan diversas actividades. Según el censo realizado en el año 2010, son 231.780 los habitantes de la misma, evidenciando así uno de los procesos de crecimiento poblacional más importantes del país (Dirección provincial de Estadísticas y Censos, 2013). Los censos nacionales arrojan una tasa anual de crecimiento del 14.8 %; entendido esto como el porcentaje de personas que se incorporan anualmente a la población por cada 1000 hab. La tabla siguiente Plottier y Centenario. Estas últimas, son dos ciudades satélites provinciales aledañas a la ciudad de Neuquén, y muestran importantes datos de población

y crecimiento. Un porcentaje elevado de esas poblaciones desempeña tareas laborales o de otro tipo en la ciudad capital, influyendo directamente sobre la dinámica urbana-habitacional y poblacional de Neuquén (Tabla 1).

Provincia de Neuquén. Total de población, variación absoluta y variación relativa, por departamento. Años 2010 y 2022

Código	Departamento	Población		Variación absoluta	Variación relativa (%)
		2010	2022		
58	Total	551.266	710.814	159.548	28,9
58007	Aluminé	8.306	10.244	1.938	23,3
58014	Añelo	10.786	18.166	7.380	68,4
58021	Catán Lil	2.155	2.676	521	24,2
58042	Chos Malal	15.256	18.368	3.112	20,4
58028	Collón Curá	4.532	4.835	303	6,7
58035	Confluencia	362.673	468.794	106.121	29,3
58049	Huiliches	14.725	20.973	6.248	42,4
58056	Lácar	29.748	39.596	9.848	33,1
58063	Loncopué	6.925	7.698	773	11,2
58070	Los Lagos	11.998	15.555	3.557	29,6
58077	Minas	7.234	9.267	2.033	28,1
58084	Ñorquín	4.692	5.609	917	19,5
58091	Pehuenches	24.087	29.753	5.666	23,5
58098	Picún Leufú	4.578	5.087	509	11,1
58105	Picunches	7.022	8.495	1.473	21,0
58112	Zapala	36.549	45.698	9.149	25,0

Fuente: INDEC, Censo Nacional de Población, Hogar y Viviendas 2022. Resultados definitivos

Dentro del departamento Confluencia se encuentran los municipios de Senillosa, Plottier, Neuquén, Centenario, Vista Alegre y San Patricio de Chañar correspondientes a la provincia de Neuquén.

Tomando la variación absoluta de 106.121 habitantes en 12 años, se obtiene que el crecimiento poblacional es de en promedio 8843 habitantes al año.

En cuanto a las actividades económicas y productivas que engloban a la ciudad, la principal actividad productiva en cercanías a la misma es la agricultura de manzanas, peras y uvas. Además, la industria petrolífera que se desarrolla en las planicies cercanas a la ciudad genera en ella el asentamiento de oficinas de las empresas y la aparición de distintos comercios dedicados a la venta de insumos para dicha actividad. Una gran parte de estos

asentamientos los encontramos en el parque industrial que se encuentra en el norte de la ciudad.

Neuquén ofrece una variada oferta de recreación y turismo. Cuenta con teatros, cines y tres centros comerciales que cuentan con diversos entretenimientos. Respecto al turismo cuenta con una variada oferta hotelera por ser una capital con diversidad de actividades y por ser zona de paso de turistas que van hacia la cordillera de los Andes.

En cuanto a la recolección y tratamiento de residuos, la ciudad de Neuquén cuenta con un Complejo Ambiental ubicado al Norte de la ciudad, en un predio con una superficie de 32 ha, en cercanías del parque industrial de la ciudad (Figura 4). En este complejo se encuentra el relleno sanitario y la planta de clasificación, donde una cooperativa realiza la separación de los RSU para su posterior comercialización.

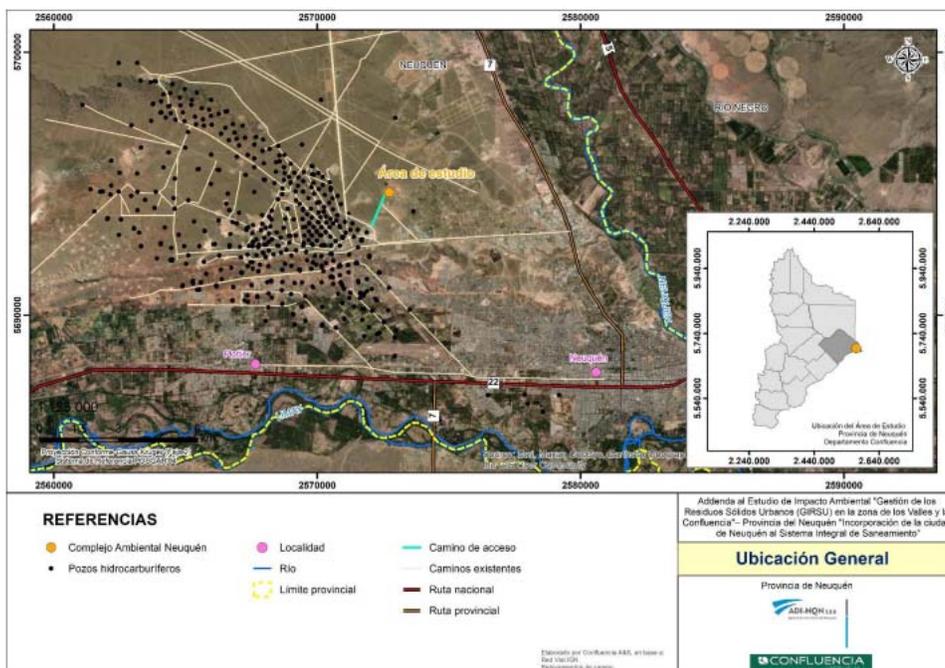


Figura N°5: Ubicación del Complejo Ambiental Neuquén en la ciudad de Neuquén (Adenda al estudio de impacto ambiental, 2021)

6.3 Depuración de la base de datos

Para la elaboración de esta tesis se contó con datos provistos por la Municipalidad de Neuquén referidos a los ingresos diarios al CAN, desde enero 2016 a noviembre de 2020. Se contó con una planilla mensual dando un total de 59 planillas a analizar. El promedio de datos que contenían estas planillas se expresa en la Tabla 2.

En promedio se analizaron 390 datos por mes a lo largo de los 5 años de estudio. Se puede observar que los primeros años de estudio se contaba con más ingresos al CAN dando un promedio de 622 ingresos en 2016 y 217 en 2020.

Promedio de la cantidad de datos analizados por año.

AÑO	PROMEDIO DE DATOS MENSUALES
2016	622,5
2017	545,0
2018	300,6
2019	265,5
2020	217,1
TOTAL	390,1

Con los datos de las planillas diarias se elaboraron diferentes bases de datos utilizadas en el análisis:

- una base de datos para cada año de estudio, que contiene los totales por día y por mes.
- una base de datos que contiene los totales mensuales por año.
- una base de datos que contiene los totales mensuales por año discriminados según hayan sido ingresados a relleno o a planta de tratamiento.
- una base de datos que contiene los totales mensuales por año discriminados según provengan de ciudad o de empresas.

6.4 Análisis de Datos

Los sucesos variables en el tiempo reciben el nombre genérico de series de tiempo, la cual consiste en el registro de cualquier cantidad fluctuante medida en diferentes puntos del tiempo. Una serie de tiempo o serie cronológica es un conjunto de observaciones hechas en momentos determinados, generalmente a intervalos iguales. La característica común de todos los registros que pertenecen al dominio de las "series de tiempo" es que ellos están influenciados, aunque sea parcialmente, por fuentes de variación aleatoria. Todo análisis de una serie de tiempo comienza con la representación gráfica, la que permite detectar las características más importantes del fenómeno. En este sentido, se debe prestar especial atención a las escalas utilizadas, ya que un mal uso de las mismas puede distorsionar la evolución de los datos.

El modelo básico para representar y analizar una serie de tiempo considera que la variable de respuesta, denominada Y , es el resultado de la interacción de un conjunto de factores o fuerzas cambiantes y naturales (sociales, económicas, climatológicas, etc.) que actúan sobre el fenómeno temporal. Para su estudio, la serie de tiempo se descompone en diferentes movimientos: una componente que varía suavemente llamada la tendencia (T), una componente periódica de periodo fijo llamada la estacionalidad (E), una componente periódica llamada ciclo (C) y una componente irregular llamada error (I) (Abril, 2011). Para poder analizar una serie de tiempo, el paso inicial que se debe llevar a cabo es el aislamiento de las componentes que la conforman. Para descomponer una serie, debemos suponer que existe cierta relación entre sus cuatro componentes, es así que tenemos una serie que se puede expresar a través de un modelo aditivo que se expresa: $Y = T + E + C + I$, un modelo multiplicativo de la forma $Y = T \cdot E \cdot C \cdot I$, o un modelo multiplicativo de la forma $Y = T \cdot E \cdot C + I$. En este trabajo se utiliza el modelo aditivo.

Un supuesto fundamental del análisis clásico es la independencia de los errores (componente irregular) respecto de las demás componentes. Es decir, que la magnitud de los residuos no dependa del valor que tome cualquier otra componente de la serie (Martín Pliego, 2004)

- Tendencia. La tendencia es el componente de largo plazo que constituye la base del crecimiento (o declinación) de una serie.

La determinación de la tendencia tiene gran importancia en el estudio del comportamiento de la serie, y más aún en la previsión del movimiento futuro del fenómeno ya que resulta lógico suponer que si no ocurren movimientos imprevisibles intensos, la tendencia continuará actuando como una ley permanente del fenómeno, permitiendo, mediante una extrapolación, tener un valioso elemento de previsión del desarrollo futuro del fenómeno (Hanke y Reitsch, 1996).

Los métodos clásicos para la determinación de la Tendencia son el Ajuste Analítico y el Método de los Promedios Móviles. El Ajuste Analítico consiste en buscar una función matemática que relacione la variable en función del tiempo. A partir del análisis visual se determina la forma de la misma. La expresión más sencilla es la de una recta que se calculará de tal manera que se minimice la suma de los cuadrados de las desviaciones de los valores observados a los calculados. Para ello se utiliza el Método de los Mínimos Cuadrados.

De acuerdo a este método, la Tendencia se estimará como $T_i = b_0 + b_1 t_i$, donde b_0 es la ordenada al origen, b_1 es la pendiente y t_i representa el i -ésimo momento de tiempo. Para el cálculo de los coeficientes, primero se reemplazan los valores de t_i por una serie de números consecutivos equiespaciados. Las fórmulas de cálculo de la pendiente y la ordenada al origen son:

$$b_1 = \frac{\sum t_i y_i - \frac{\sum t_i \sum y_i}{n}}{\sum t_i^2 - \frac{(\sum t_i)^2}{n}} \quad b_0 = \underline{y} - b_1 \underline{t}$$

Con este método, se puede obtener una medida de bondad de ajuste mediante el cálculo del Coeficiente de Determinación, denominado r^2 , y que indica la proporción de variabilidad de la variable de respuesta que es explicada por el tiempo.

El Método de los Promedios Móviles consiste en sustituir los valores de la serie original por otra serie-ficticia del promedio o medias móviles que tendrá menos oscilaciones que la serie original. Este método trata de hallar la tendencia secular diluyendo la importancia individual de cada observación, promediándola mediante una media aritmética con un grupo de observaciones inmediatamente anteriores y posteriores. Cada valor de Y , por lo tanto, vendrá sustituido por un valor promedio cuyos términos irán variando mecánicamente, eliminándose para cada grupo la primera observación del grupo anterior y agregando la

observación siguiente. La representación gráfica de la serie de los promedios móviles resulta, en general, suavizada respecto de la original.

- Variación estacional. La variación estacional se refiere a un patrón de cambio regularmente recurrente a través del tiempo. El análisis de las variaciones estacionales tiene por objeto determinar oscilaciones de período corto, inferior o igual al año por lo general, que son de máximo interés para el investigador. En este trabajo se calculará la componente estacional por el "Método de las medias mensuales" (Boché, 2005). La siguiente explicación corresponde al caso en que el período de referencia es el mes, pero se procedería de la misma manera para el caso de utilizar bimestres, trimestres, etc. El problema a resolver es el de encontrar una curva tal que en el eje de las abscisas estén representados los meses del año y en las ordenadas la variación promedio correspondiente a cada uno de los meses del año, prescindiendo por cierto de otro tipo de variaciones, ya sean tendenciales, cíclicas (no anuales) o accidentales (aleatorias). Determinada la tendencia, la variación estacional puede determinarse a través de los siguientes pasos:

- 1) Se determinan las desviaciones de los datos de la serie respecto a la tendencia, o sea, la diferencia entre los datos y el valor correspondiente a la tendencia. De esta manera se elimina la tendencia.
- 2) Se calculan las medias aritméticas de las desviaciones correspondientes a todos los enero, todos los febrero, etc. Este paso tiende a eliminar la componente cíclica e irregular quedando únicamente la componente estacional.
- 3) Se redondean estas medias y los resultados son la estimación de la variación estacional para cada mes.

- Variación cíclica. El componente cíclico es un conjunto de fluctuaciones en forma de onda o ciclos. Representa la diferencia entre los valores esperados de una variable (tendencia) y los valores reales, la variación residual que fluctúa alrededor de la tendencia. El tratamiento elemental de este tema se reduce a construir la curva que resulta de eliminar la tendencia y la componente estacional a la componente aleatoria, por lo cual no siempre es posible identificar los ciclos.

-Fluctuación irregular. El comportamiento irregular está compuesto por fluctuaciones causadas por sucesos impredecibles o no periódicos.

En la representación gráfica en sí de una serie de tiempo en el eje de las abscisas se indica el tiempo y en el de las ordenadas se miden los valores de las variables en estudio. La dificultad principal radica en la elección de las escalas adecuadas del tiempo y particularmente de la variable. En efecto, una modificación en la escala vertical produce una deformación de la gráfica respectiva. Lo que en un gráfico puede representarse como una variación importante, puede verse reducida en otro a una variación insignificante debido a un cambio de escala. Debe existir una relación lógica entre el campo de variación de la variable y la unidad de la escala.

Predicción a partir de una serie de tiempo

La predicción por extrapolación de la tendencia, es una de las formas más usadas en la predicción y nos da el comportamiento probable de la tendencia, alrededor del cual oscilarán los valores reales (Boché, 2005).

Una vez hallada la ecuación de la tendencia, se puede utilizar para pronosticar la variable analizada. Reemplazando en la ecuación el valor de t_i correspondiente al período en cuestión, se obtiene el valor de la tendencia estimada. Luego se le suma la componente estacional que corresponda. El valor obtenido es solamente una estimación y no toma en cuenta las componentes cíclica e irregular. Se debe ser consciente de que los pronósticos no deben realizarse para valores de t_i muy alejados de la serie de datos histórica, ya que los procesos temporales están sujetos a cambios considerables a lo largo del tiempo.

7. RESULTADOS

7.1 Bases de datos consolidadas

En la Tabla 3 se muestra un extracto de las planillas de registro. Cada planilla cuenta con la fecha y el turno, además contiene datos de horario de ingreso, patente del camión, ruta de recolección que realizó, nombre del chofer, peso bruto, tara, peso neto que descargó y por último el origen de los residuos. En cuanto al origen, estos pueden ser de la ciudad de Neuquén, de Centenario, Plottier o provenientes de empresas.

Tabla 3: Planilla de ingresos diarios al CAN turno noche

Fecha	Turno									
01/09/2017	NOCHE	Unidad	Patente	Ruta	Chofer	Peso Bruto (Tn)	Tara (Tn)	Peso Neto (Tn)	Empresa	Origen Residuos
00:20:15	283072	1005	CUT794	SRN	urbina	15,49	10,30	5,19	MUNICIPALIDAD DE CENTENARIO	SRD - RECOLECCION CENTENARIO
00:40:02	283073	4004	IIV930	SRN	MORA, MAURO ENRIQUE	17,45	14,50	2,95	CLIBA	MUNICIPAL Cont. roll off 20m3
00:43:38	283074	4001QP	IIV922	SRN	PERALTA, JOSE LUIS	14,20	12,00	2,20	CLIBA	MUNICIPAL Cont. roll off 20m3
01:08:22	283075	2019QP	IIV924	SRN	BRAVO, RICARDO JAVIER	16,48	12,80	3,68	CLIBA	RNO - Recoleccion noche
01:30:17	283076	4001QP	IIV922	SRN	PERALTA, JOSE LUIS	13,60	12,00	1,60	CLIBA	MUNICIPAL Cont. roll off 20m3
01:45:47	283077	2015QP	IIV923	NO003	FERNANDEZ, OSVALDO DAMIÁN	20,59	12,80	7,79	CLIBA	RNO - Recoleccion noche
02:00:54	283078	2040	AB488DL	NO002	BORONOVICH, DARIO ALEJANDRO	21,20	14,00	7,20	CLIBA	RNO - Recoleccion noche
02:03:09	283079	4004	IIV930	SRN	MORA, MAURO ENRIQUE	15,86	14,50	1,36	CLIBA	MUNICIPAL Cont. roll off 20m3
02:10:21	283080	2016QP	IIV925	NO011	AGUERO, MARCELO	16,68	12,50	4,18	CLIBA	RNO - Recoleccion noche

En el turno noche en la Tabla 3 podemos ver que las rutas se clasifican con la numeración NO seguido del número de la ruta, por ejemplo, NO011, siendo esta la nomenclatura de las rutas que se encuentran enumeradas en el turno noche que se encuentran dentro del ejido municipal de Neuquén.

Como se observa en la Tabla 4 la numeración de las rutas diurnas es Di seguido del número de la ruta, por ejemplo, DI019, de la misma forma que con las rutas de noche, esta es la nomenclatura de las rutas diurnas que se encuentran dentro del ejido municipal de Neuquén.

Además, para ambos casos, están las rutas SRN (sin ruta nocturno) y SRD (sin ruta diurno) que son rutas que no cuentan con numeración propia y también se caracterizan por ser de día y de noche por eso la terminación N y D respectivamente.

Tabla 4: Planilla de ingresos diarios al CAN turno día

Fecha	Turno											
02/09/2017	MAÑANA	Hora	Nro. Ticket	Unidad	Patente	Ruta	Chofer	Peso Bruto (Tn)	Tara (Tn)	Peso Neto (Tn)	Empresa	Origen Residuos
		06:00:17	283236	4802 COB	S/P	SRD	sanchez	9,82	9,20	0,62	COOPERATIVA OBRERA LA ANONIMA (CLIBA)	EMP - Empresa
		06:10:47	283237	4802 LA	EUI-260	SRD	sanchez	10,18	9,20	0,98	MEPC. CONCENTRADOR (CLIBA)	EMP - Empresa
		06:20:34	283238	4802 MC	EUI-260	SRD	sanchez	11,10	9,20	1,90	MEPC. CONCENTRADOR (CLIBA)	EMP - Empresa
		06:30:09	283239	1	4802	SRD	sanchez	8,86	8,00	0,86	CONOSUR (CLIBA)	EMP - Empresa
		06:40:13	283240	4802 QP	EUI260	SRD	SANCHEZ, RUBEN OMAR	9,90	9,00	0,90	CLIBA	MUNIC - Municipal
		06:50:44	283241	4802 QP	EUI260	SRD	SANCHEZ, RUBEN OMAR	10,62	9,00	1,62	CLIBA	MUNIC - Municipal
		07:00:29	283242	4802 QP	EUI260	SRD	SANCHEZ, RUBEN OMAR	9,66	9,00	0,66	CLIBA	MUNIC - Municipal
		07:11:36	283243	4802 QP	EUI260	SRD	SANCHEZ, RUBEN OMAR	11,86	9,00	2,86	CLIBA	MUNIC - Municipal
		07:23:16	283244	4803	HHM180	SRD	PONCE, JUAN RODRIGO	9,87	8,00	1,87	CLIBA	MUNIC - Municipal
		07:30:50	283245	4003 VC	NEW-793	SRD	guardamaña	17,19	14,55	2,64	VILLAGE CINE (CLIBA)	EMP - Empresa

No se contó con los datos de las rutas de diciembre 2019 ni del 2020 ya que la empresa que tenía la concesión de los residuos en Neuquén cambió dejando de ser CLIBA y pasando a ser BASAA. Esta última no discriminaba las rutas de la misma manera que lo hacía CLIBA. En esos casos, se contó con la información sobre el total, sin discriminar por ruta.

Con los datos proporcionados en cada planilla de cálculo, se hizo una sumatoria diaria en toneladas de residuos ingresados al CAN y se elaboró una tabla DÍA/MES para cada año de estudio. En particular se presenta la Tabla 5 que muestra la cantidad de residuos ingresados por día y por mes a la planta durante el año 2018. Por ejemplo, se observa que el día 2 de enero de 2018 se registraron 903.93 Tn de residuos ingresados al complejo ambiental.

Planilla día y mes del año 2018 en Toneladas

DIAMES	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Total General
1		537,93	556,97	53,82	5,86	642,80	66,44	628,46	386,41	846,57	567,78	522,26	4.815,09
2	903,93	569,94	524,02	494,32	926,44	439,25	862,44	569,23	84,85	713,96	548,62	43,46	6.680,46
3	681,86	400,56	409,55	632,48	634,75	28,50	554,34	547,26	830,61	704,95	416,13	866,75	6.707,14
4	594,53	34,76	41,95	593,32	693,04	432,24	630,56	411,74	85,15	557,06	104,30	705,32	5.452,67
5	855,29	732,77	918,95	616,70	424,70	786,03	519,71	63,90	570,45	644,01	911,94	671,36	7.421,91
6	511,70	603,10	551,43	564,44	38,82	615,62	598,51	814,38	590,17	416,67	723,74	675,66	6.704,04
7	47,96	584,15	542,72	482,89	765,11	667,72	331,49	567,65	630,29	125,33	652,16	642,40	5.939,77
8	835,40	522,52	552,14	39,83	701,28	645,88	59,52	609,77	396,71	823,60	608,62	507,28	6.302,55
9	616,42	543,42	562,79	822,28	631,05	332,36	520,61	761,00	86,40	634,60	751,17	105,20	6.367,30
10	620,58	322,36	396,60	590,00	675,84	37,67	707,73	631,72	895,85	572,93	474,34	791,14	6.678,16
11	616,79	60,60	43,60	674,15	691,47	774,29	690,37	409,96	621,19	501,71	104,40	632,08	5.800,41
12	535,50	451,61	846,00	573,58	490,24	524,06	590,71	74,65	480,63	611,37	840,80	573,80	6.582,95
13	443,61	318,77	550,10	713,00	46,55	692,74	734,96	871,52	619,93	426,31	709,54	646,07	6.673,10
14	44,96	677,23	579,33	499,01	942,74	3,94	439,93	796,14	583,89	109,71	655,39	626,64	5.918,91
15	746,72	593,91	460,09	48,31	786,20	846,75	57,61	593,40	535,71	533,65	682,58	415,86	6.300,79
16	594,63	571,01	620,45	879,29	604,42	348,83	883,97	642,13	86,35	689,63	573,71	88,78	6.593,10
17	454,94	432,52	432,41	638,64	542,41	37,15	682,22	611,00	787,15	629,55	396,50	872,49	6.516,08
18	753,19	45,07	46,09	710,12	622,16	900,60	481,77	425,52	554,70	593,95	32,10	845,28	5.950,03
19	778,41	757,87	777,26	686,47	396,18	630,46	300,26	78,17	647,51	537,92	625,68	628,59	6.744,77
20	638,96	634,59	537,63	621,71	45,45	354,08	536,53	491,26	764,32	314,13	761,83	683,28	6.383,67
21	37,84	653,84	545,61	440,83	937,30	622,75	432,46	670,14	729,00	80,50	603,55	678,53	6.432,35
22	661,76	541,23	554,93	36,11	695,81	824,00	66,46	743,49	441,45	748,88	552,28	473,85	6.340,25
23	621,85	581,34	552,05	868,32	692,69	494,77	653,55	524,82	99,59	552,93	638,32	124,78	6.404,91
24	531,25	369,06	341,67	800,27	571,92	37,95	565,46	543,31	935,14	505,43	439,50	763,49	6.205,45
25	639,43	37,94	40,38	677,47	396,04	21,63	626,63	383,62	29,40	605,40	36,80	13,13	3.953,57
26	574,40	818,20	798,80	665,54	371,34	947,24	480,73	95,88	767,92	613,97	750,21	901,49	7.785,72
27	369,25	596,18	510,17	704,25	54,77	679,43	564,74	782,36	465,14	446,35	493,95	721,49	6.388,08
28	43,88	589,97	486,82	522,07	913,63	752,64	451,68	568,94	472,75	110,20	674,30	667,69	6.134,57
29	746,19		485,72	418,3	575,47	649,89	61,56	520,27	425,64	797,34	519,66	469,89	5.293,46
30	556,18	307,68	594,04	581,39	381,58	882,45	548,67	99,81	651,39	841,61	135,20	5.379,80	
31	495,86	347,44		535,00		693,77	566,58		572,11		764,47	3.968,03	
Total General	16.253,06	13.578,95	14.800,93	16.030,69	16.910,77	14.952,75	15.709,17	16.498,94	15.237,91	16.669,81	16.411,31	17.062,70	190.116,99

En la planilla del 2018 podemos observar la cantidad de residuos que ingresaron por día al complejo a lo largo de los 12 meses del año. Obteniendo una sumatoria diaria expresada en la columna derecha nombrada total general, y una sumatoria mensual ubicada en la última fila de la tabla con el nombre total general. La sumatoria de estas últimas mencionadas nos da el total de residuos que ingresaron al CAN en el año 2018. Este mismo procedimiento se llevó a cabo en los 5 años de análisis.

Con las cinco tablas mencionadas anteriormente se elaboró una tabla mensual/anual de cantidades de residuos ingresados al CAN como se observa a continuación en la Tabla 6.

Tabla 6: Planilla anual de residuos ingresados al CAN en Toneladas

MES/AÑO	2016	2017	2018	2019	2020	Total General
1	9909	13026	16253	17137	17237	63652
2	10187	11374	13579	14787	15492	55232
3	11512	14827	14801	18026	14981	62635
4	13630	14198	16031	16176	13116	59522
5	12155	14943	16911	19137	15809	66800
6	11326	14532	14953	16295	15708	61488
7	11274	15346	15709	17110	14517	62682
8	13256	14110	16499	16815	15044	62467
9	12297	12934	15238	17258	16077	73804
10	13398	14990	16670	17690	15792	78540
11	12593	15028	16411	8516	16135	68683
12	13582	15579	17063	18955	0	65178
Total General	145118	170888	190117	197901	169908	780684

En la planilla mensual/anual podemos observar la cantidad de residuos que ingresaron en

cada mes por año al complejo a lo largo de los 5 años analizados. Obteniendo una sumatoria mensual expresada en la columna derecha nombrada total general, y una sumatoria anual ubicada en la última fila de la tabla con el nombre total general. La sumatoria de estas últimas mencionadas nos da el total de residuos que ingresaron al CAN en los 5 años analizados, dando un resultado de 780.684 Tn de residuos.

A partir de estos datos organizados se procedió a obtener los resultados globales de los residuos que ingresan al Complejo Ambiental Neuquén.

Además de analizar la evolución de los totales de residuos, se tuvo en cuenta que en el centro de la ciudad de Neuquén, se utilizan contenedores diferenciados para residuos secos y húmedos. Las rutas denominadas NO005 y NO006 (Figuras 5 y 6) recolectan los residuos de los contenedores verdes que son los que van directo a la planta de reciclaje. Por lo tanto, se diferenció esta situación para analizar el comportamiento del total de residuos que está siendo reciclado en la ciudad de Neuquén. La información diferenciada se encuentra en la Tabla 7.

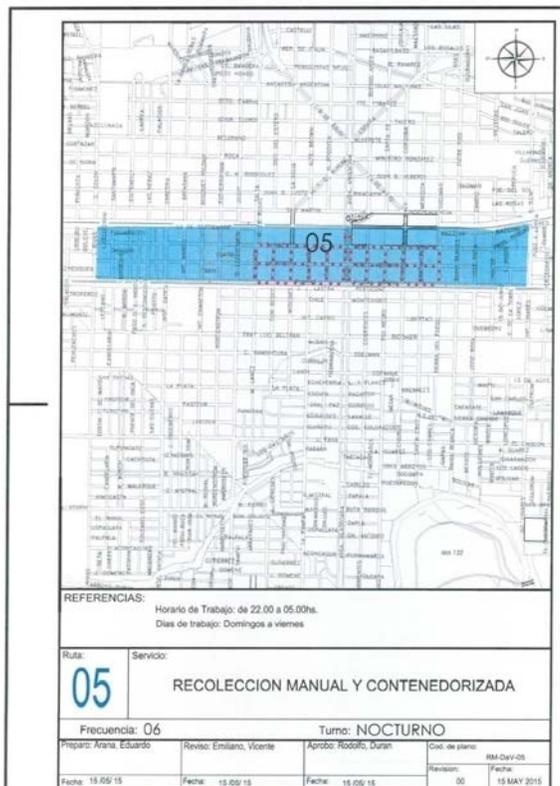


Figura N°6: Ruta de recolección manual y contenedorizada número 5 (NO005) de turno nocturno

Tabla 7: Residuos ingresados a relleno o a planta de reciclaje (en Toneladas) por mes y año

MES/AÑO	2016		2017		2018		2019		Total general	
	A RELLENO	A PLANTA								
1	9460	449	12459	567	15766	487	16881	256	54566	1759
2	9706	480	10852	522	13312	267	14339	448	48209	1717
3	10965	547	14305	522	14422	379	17588	438	57280	1886
4	13039	591	13721	477	15804	227	15679	497	58243	1792
5	11607	547	14391	552	16502	409	18658	479	61159	1987
6	10933	512	14018	514	14541	412	15975	320	55467	1757
7	10694	580	14831	515	15263	446	16738	372	57526	1913
8	12701	585	13573	537	16164	335	16567	247	59005	1704
9	11715	582	12443	492	14850	388	16888	370	55895	1832
10	12802	597	14498	492	16237	433	17428	262	60965	1784
11	11984	609	14743	286	15929	482	8370	146	51026	1523
12	12742	647	15131	448	16853	209	0	0	44726	1305
Total general	138349	6725	164965	5923	185642	4475	175111	3835	664067	20958

Como se mencionó anteriormente al no discriminar BASAA las rutas que llegaban al CAN de la misma forma que lo hacía CLIBA no se pudo continuar con el análisis a partir de diciembre del 2019 ya que no se tenía certeza sobre que rutas eran las que llegaban directo a la planta de reciclaje.

Por otro lado, los ingresos se clasificaron según su lugar de origen, diferenciando aquellos provenientes de ciudades: Centenario, Plottier, domiciliarios de Neuquén de aquellos generados en empresas. La Tabla 8 resume dicha información.

Tabla 8: Residuos ingresados provenientes de la ciudad y de empresas (en Toneladas) por mes y año

MES/AÑO	2016		2017		2018		2019		2020		Total general	
	CIUDAD	EMPRESA	CIUDAD	EMPRESA	CIUDAD	EMPRESA	CIUDAD	EMPRESA	CIUDAD	EMPRESA	CIUDAD	EMPRESA
1												
2	9094	1093	10031	1343	11561	2018	13074	1714	13903	1590	57662	7757
3	10158	1354	12658	2169	12531	2270	15850	2176	13645	1336	64842	9305
4	12041	1589	12443	1755	13841	2190	14661	1515	12354	763	65339	7812
5	10426	1729	12931	2012	14617	2294	17047	2090	15033	776	70054	8901
6	9812	1632	12684	1847	12538	2414	14675	1621	14716	992	64425	8507
7	9591	1683	13324	2022	13592	2117	15231	1879	13760	757	65498	8457
8	11417	1869	12134	1975	13991	2508	15105	1710	15042	2	67690	8063
9	10630	1667	10911	2023	13377	1861	15014	2245	16075	2	66006	7798
10	11641	1758	12990	2001	14659	2011	15896	1794	15791	1	70976	7565
11	10936	1657	12987	2041	14302	2110	15221	1691	16135	0	69580	7499
12	12015	1567	13588	1991	15225	1838	17317	1639	0	0	58144	7034
Total general	126325	18942	147916	22971	164708	25409	184376	21921	162130	7778	785456	97021

Con todos estos datos recolectados se procedió a modelizar la evolución temporal de la producción de residuos, detectando sus componentes. Se comienza realizando un análisis global de los totales mensuales, desde 2/1/2016 al 30/11/2020.

Luego se realiza un análisis diferenciado de los residuos generados en diferentes orígenes: empresas y población urbana de las ciudades. Por último, se analiza de acuerdo al destino de los residuos: a relleno y a planta de reciclado.

En cada caso, se obtuvo la estimación de la tendencia lineal por el método de mínimos cuadrados, la componente estacional y el error. A partir de los gráficos y de la ecuación de la tendencia, se caracteriza la evolución del total de residuos.

7.2 Análisis global de datos

Para este primer análisis se consideraron los totales mensuales de enero 2016 a noviembre 2020.

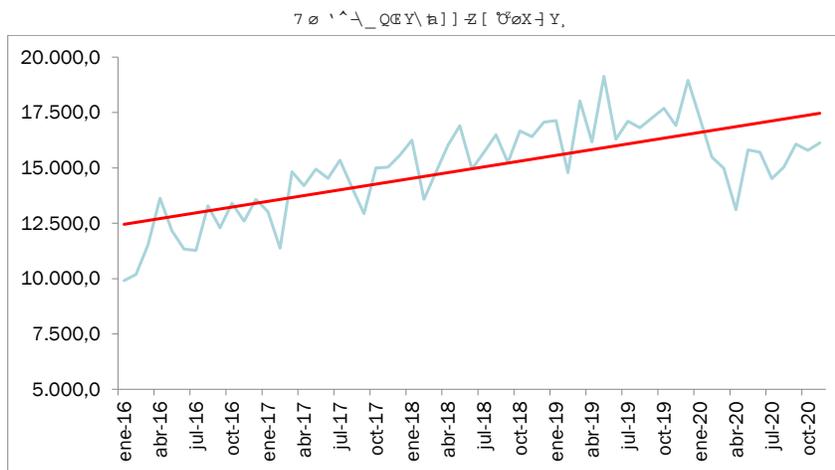


Figura 8: Totales mensuales de RSU de enero 2016 a noviembre 2020 y tendencia lineal

En la Figura 8 podemos observar la tendencia creciente del total de RSU hasta el año 2020

donde se ve una fluctuación decreciente. Esto se puede explicar por el inicio de la pandemia debido al virus Covid-19, decretándose el 20 de marzo el aislamiento social preventivo y obligatorio (ASPO). El crecimiento en la generación de RSU se condice con la expresión matemática de la recta de la tendencia: $T = 86,47 t + 14.955,23$ ($r^2=0,51$). La pendiente de 86,47 ($p<0,0001$) indica que por cada mes que pasa la producción de residuos aumenta en promedio 86,47 toneladas. El coeficiente de determinación indica que el 51% de la variabilidad del total de residuos está explicada por el tiempo. Una tendencia creciente en la producción de residuos se explica en parte por el crecimiento poblacional detallado en la Tabla 1.

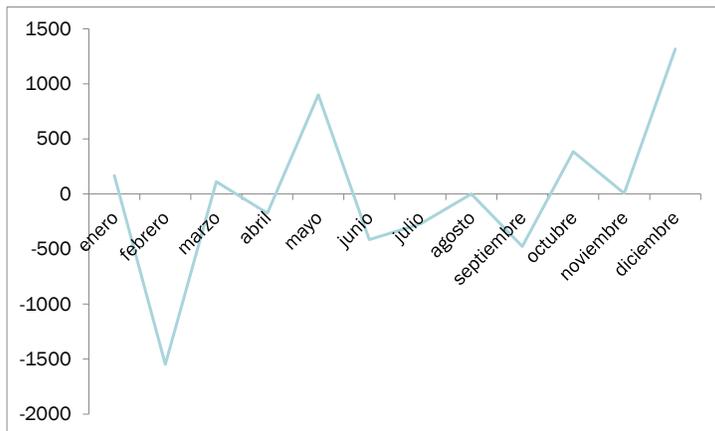


Figura 9: Componente estacional de la serie de totales mensuales de RSU de enero 2016 a noviembre 2020

Analizando la estacionalidad del total de los datos se obtuvo el gráfico de la Figura 9, en el que se puede observar dos grandes picos de aumento de generación de residuos en los meses de mayo y diciembre y una gran baja en febrero.

Las posibles causas del aumento de abril a mayo pueden deberse a los residuos generados por la poda que se realiza en esa época en la ciudad de Neuquén. Respecto al aumento en diciembre, este puede deberse al elevado consumo que generan las fiestas de fin de año empresariales y también las populares que realiza la población como la navidad y el año nuevo. Y el descenso de generación de residuos que se da desde enero obteniendo el mínimo en febrero se puede relacionar con el periodo de éxodo de vacaciones que se

produce en verano en la ciudad. Luego comienza a aumentar en marzo, lo cual se puede relacionar con el inicio de clases en todos los niveles educativos.

Además de la tendencia y de la estacionalidad se analizaron los residuales. En el siguiente gráfico de análisis de residuales se puede observar un comportamiento que queda sin explicar por las componentes T y E , es decir, existe una componente adicional que podría ser cíclica, pero para su análisis es necesario contar con más datos.

Esta componente cíclica refleja comportamientos recurrentes, aunque no tienen por qué ser exactamente periódicos. Muestran, habitualmente, cómo se suceden las etapas a lo largo del tiempo. Para lograr separarlos de la tendencia es necesario contar con una serie de tiempo más larga.

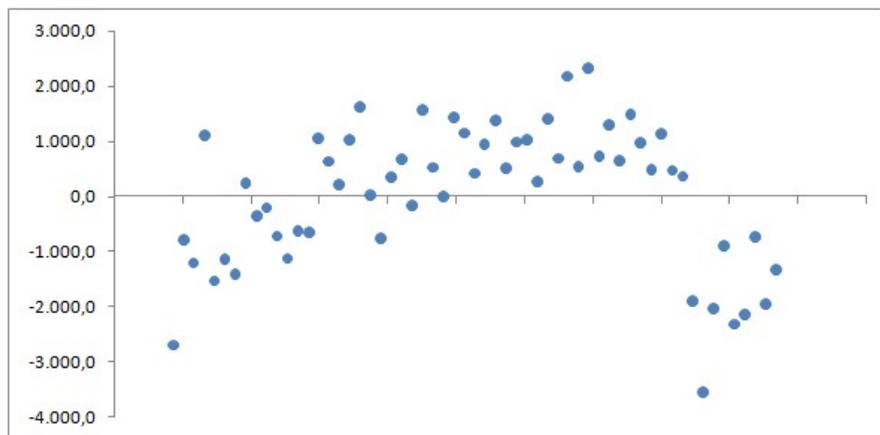


Figura 10: Residuales de la serie de totales mensuales de RSU de enero 2016 a noviembre 2020

Como se puede observar en la Figura 10 el año 2020 tiene un comportamiento atípico respecto de lo que se venía viendo desde el 2016 y que se explica por el ASPO. Por este motivo se repitió este análisis, y se continuaron todos los análisis siguientes, sin tener en cuenta los meses posteriores a marzo del año 2020.

7.3 Análisis global de datos sin el período de ASPO (hasta marzo 2020)

La Figura 11 deja en evidencia que cuando se sacan los datos del ASPO la tendencia representa mejor la evolución del total de RSU. La recta de la tendencia es $T = 126,04 t + 14.905,12$ ($r^2=0,73$). Respecto a la pendiente de la misma podemos ver que es mayor que cuando se analizó la misma gráfica sin ASPO, es decir, que la generación mensual de los residuos es mayor. Por cada mes que pasa la generación de residuos aumenta en promedio 126,04 toneladas ($p < 0,0001$). El coeficiente de determinación indica que el 73% de la variabilidad del total de residuos sin el período de ASPO está explicada por el tiempo.

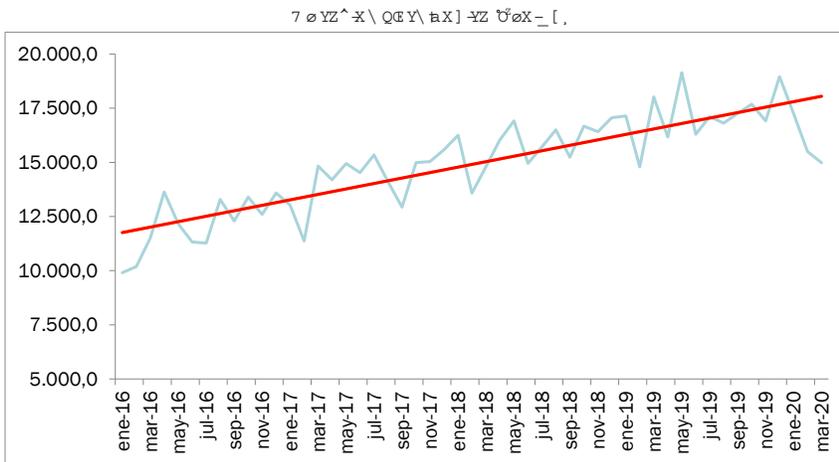


Figura 11: Totales mensuales de RSU de enero 2016 a marzo 2020 y tendencia lineal

Respecto a la estacionalidad sin los datos del ASPO se puede observar que ya no se cuenta con el pico tan pronunciado en diciembre, el cual superaba al de mayo, y ahora es este último el pico más alto que se presenta a lo largo del año. Además, este pico del mes de mayo pasa a tomar un valor mayor que va de 899 con ASPO a 1215 toneladas sin ASPO y el valor del mes de marzo pasa a tomar un valor mayor que va de 1547 a 1864 toneladas. El valor de diciembre es el único que se ve disminuido pasando de tomar el valor de 1317

a 841 toneladas. La explicación de estos valores máximos es igual a la realizada con los datos completos.

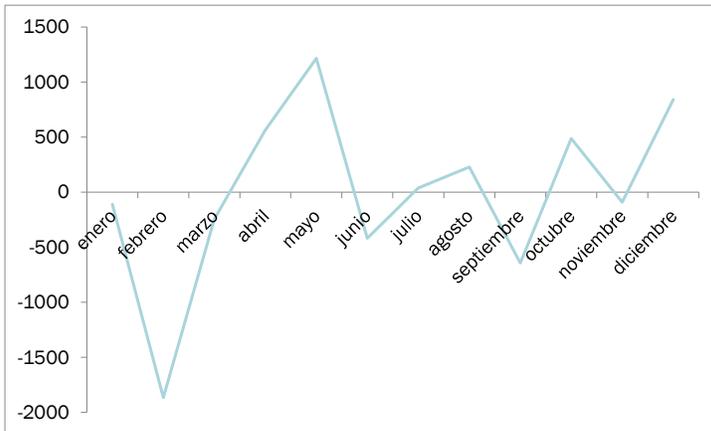


Figura 12: Componente estacional de la serie de totales mensuales de RSU de enero 2016 a marzo 2020

Respecto a los residuales sin los datos del ASPO, se puede observar que la componente cíclica ya no es tan evidente. Solamente se observan algunos valores atípicos al comienzo de la serie y el valor correspondiente al último período, marzo 2020.

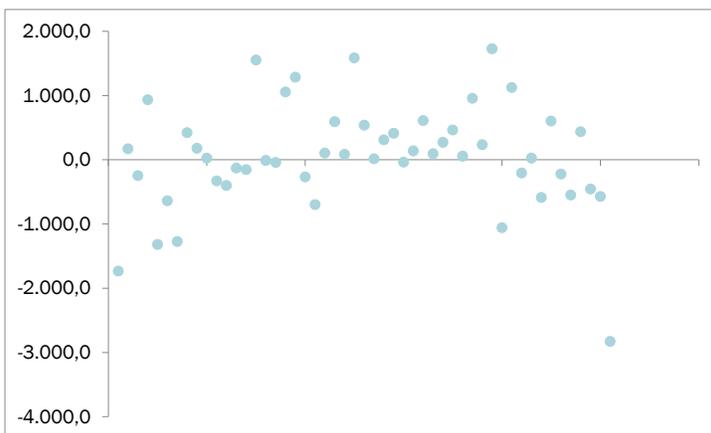


Figura 13: Residuales de la serie de totales mensuales de RSU de enero 2016 a marzo 2020

Como se mencionó anteriormente, después del análisis global se procedió a analizar la evolución del total de RSU según su lugar de origen, siendo de empresas o de las ciudades.

7.4 Análisis de datos de RSU generados por las empresas

Analizando el comportamiento de las empresas podemos ver que la tendencia presenta una pendiente cercana a cero ($p=0,1108$), es decir, el total de residuos generado mensualmente por las empresas puede considerarse prácticamente constante. Por lo tanto se puede decir que, en promedio, las empresas generaron 1.837,82 toneladas de residuos por mes. El coeficiente de determinación indica que el 5% de la variabilidad del total de residuos generados por las empresas está explicada por el tiempo.

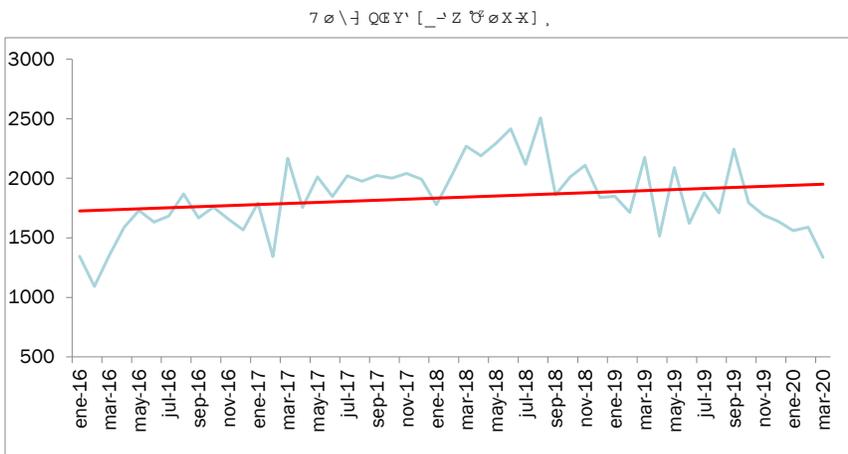


Figura 14: Totales mensuales de RSU provenientes de empresas de enero 2016 a marzo 2020 y tendencia lineal

En esta Figura 15 se observa que la estacionalidad se mantiene positiva desde los meses de mayo hasta mediados de noviembre, algo que en la global no sucede ya que hay un descenso en los meses de junio y septiembre. Los valles que se presentan de diciembre a febrero se pueden explicar por las vacaciones de los trabajadores y de la población que implica una disminución de actividades en las empresas.

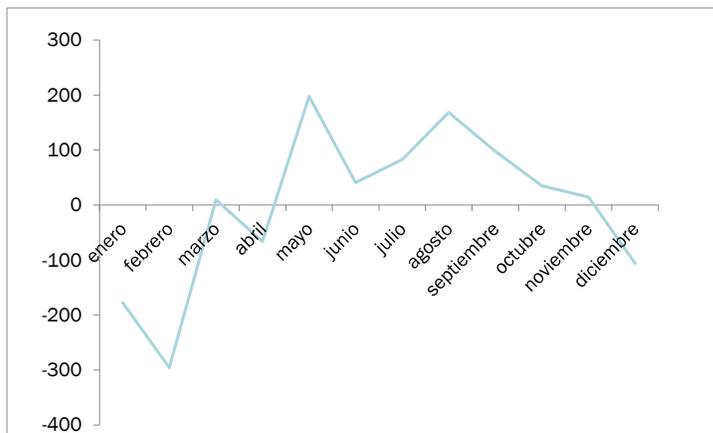


Figura 15: Componente estacional de la serie de totales mensuales de RSU provenientes de empresas de enero 2016 a marzo 2020

El análisis de residuales en las empresas arroja nuevamente una tendencia, es decir, hay una componente cíclica, pero para poder analizarla son necesarios más datos.

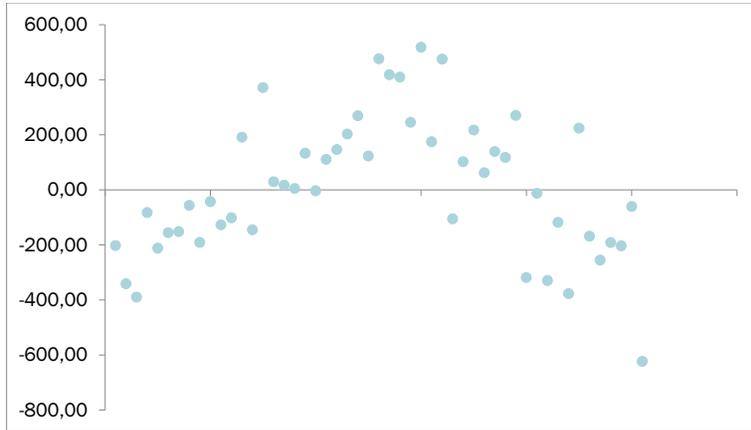


Figura 16: Residuales de la serie de totales mensuales de RSU provenientes de empresas de enero 2016 a marzo 2020

7.5 Análisis de datos de RSU generados por las ciudades

Los datos considerados en este análisis corresponden a los RSU de las localidades de Centenario, Plottier y domiciliarios de Neuquén. La Figura 17 muestra la tendencia de crecimiento de los residuos de las ciudades, sin contemplar a las empresas. Se observó que mantiene un aspecto bastante similar al del análisis global de los ingresos, respondiendo posiblemente a los mismos aspectos que se detallaron en el caso anterior. En este caso observando la recta de la tendencia tiene una pendiente de 121,32, es decir, que en promedio por cada mes que pasa los residuos aumentan 121,32 toneladas ($p < 0,0001$). El coeficiente de determinación indica que el 76% de la variabilidad del total de residuos generado por las ciudades está explicada por el tiempo.

$$Y = a + bX + e$$

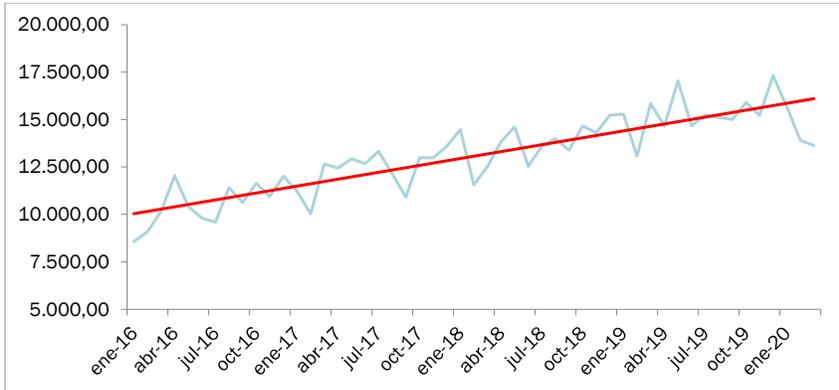


Figura 17: Totales mensuales de RSU provenientes de ciudades de enero 2016 a marzo 2020 y tendencia lineal

La estacionalidad de las ciudades es la que mejor refleja la estacionalidad global. Analizando los tres gráficos de estacionalidad mencionados hasta este momento, vemos que el global y el de las ciudades son similares y compatibles, en cambio, la estacionalidad de las empresas tiene una curva distinta respetando el valle de enero/febrero.

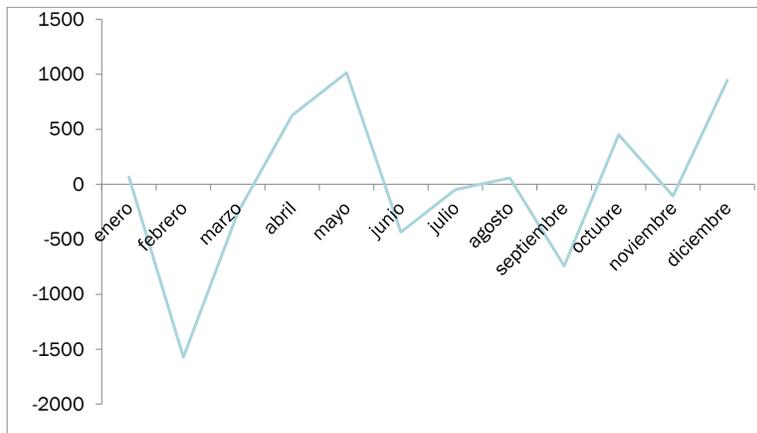


Figura 18: Componente estacional de la serie de totales mensuales de RSU provenientes de ciudades de enero 2016 a marzo 2020

Respecto a los residuales en el análisis de las ciudades, Figura 19, se pudo observar que la dispersión de los mismos es más pareja respecto del origen, observándose valores

atípicos al comienzo de la serie y el valor correspondiente al último período, marzo 2020, al igual que en la serie global.

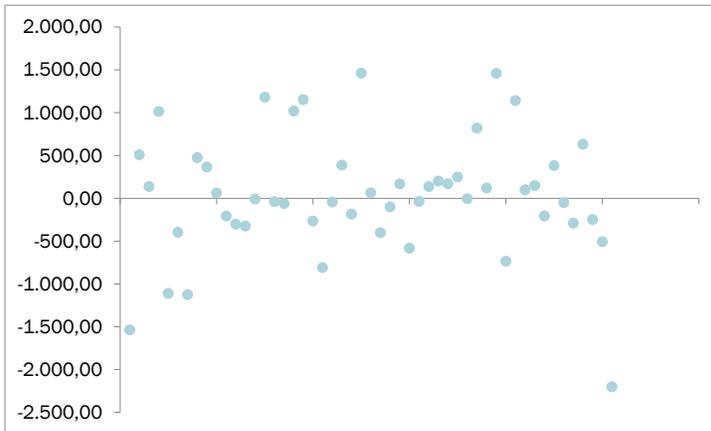


Figura 19: Residuales de la serie de totales mensuales de RSU provenientes de ciudades de enero 2016 a marzo 2020

7.6 Análisis de datos de RSU ingresados a relleno sanitario hasta Octubre 2019

Otra variante de estudio de los datos recolectados fue determinar del total de residuos que ingresan al CAN qué cantidad se disponía en el relleno sanitario y qué cantidad ingresaba a la planta reciclaje.

La Figura 20 muestra el comportamiento del total mensual de residuos que van directo a relleno. Se observa una tendencia creciente que responde al aumento de la generación de residuos. En este caso la pendiente de la recta es de 75,02, es decir, que en promedio por mes la generación de residuos crece 75,02 toneladas ($p < 0,0001$). El coeficiente de determinación indica que el 81% de la variabilidad del total de residuos ingresados a relleno sanitario está explicada por el tiempo.

$$r^2 = 0,81$$

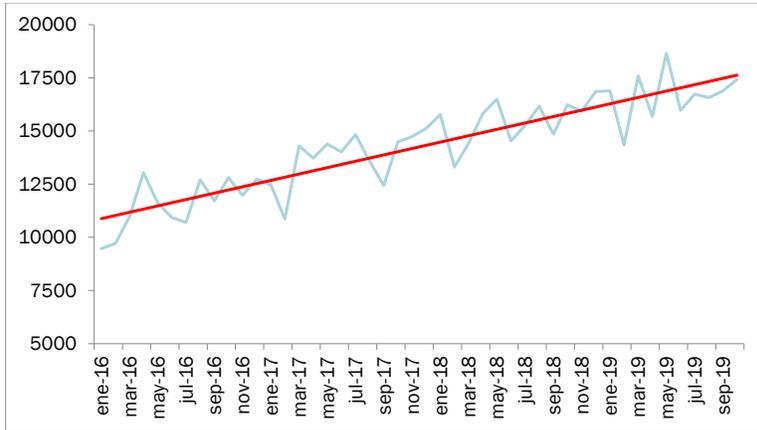


Figura 20: Totales mensuales de RSU ingresados a relleno sanitario de enero 2016 a octubre 2019 y tendencia lineal

En cuanto a la estacionalidad de lo que ingresa al relleno, Figura 21, se observa un comportamiento similar a la estacionalidad de residuos de la serie global. Pudiendo decir que, si el comportamiento es similar, los residuos que se generan son en general dispuestos en el relleno y no se ve la variante de la planta de reciclado en la estacionalidad.

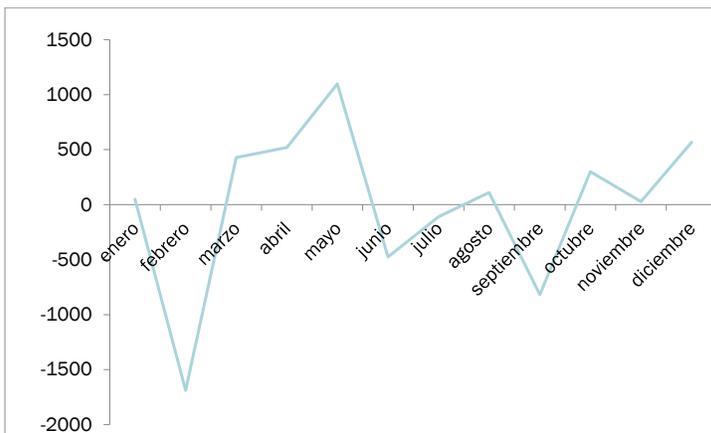


Figura 21: Componente estacional de la serie de totales mensuales de RSU ingresados a relleno sanitario de enero 2016 a octubre 2019

En la Figura 22, se muestran los residuales del modelo. Se observa aleatoriedad respecto del origen, por lo que se podría decir que no hay evidencia de una componente cíclica. Es decir, la variabilidad de los residuos ingresados a relleno sanitario está explicada por la tendencia y la componente estacional.

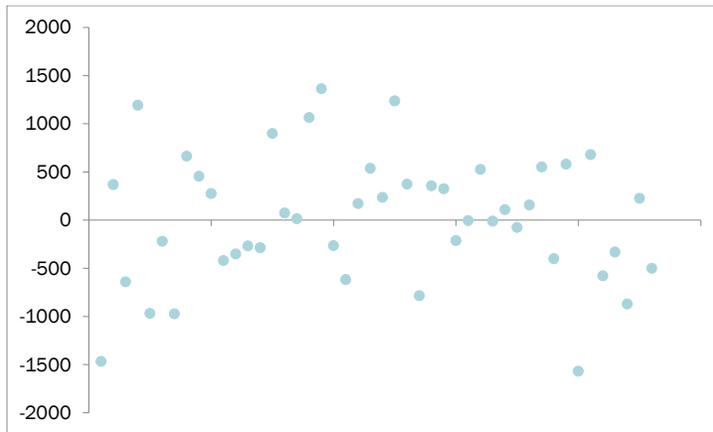


Figura 22: Residuales de la serie de totales mensuales de RSU ingresados a relleno sanitario de enero 2016 a octubre 2019

7.7 Análisis de datos de RSU ingresados a planta de tratamiento hasta Octubre 2019

Como última parte del análisis realizado, se tomaron los datos del total mensual de residuos que ingresan a la planta de tratamiento. Cabe recordar que estos residuos corresponden a las rutas denominadas NO005 y NO006, que corresponden al centro de la ciudad donde la separación de residuos secos y húmedos se realiza con contenedores diferenciados. Se consideran aquí los residuos de los contenedores verdes que son los que van directo a la planta de reciclaje.

Comentado [1]: si hay componente ciclica quieren decir que en la ecuacion aditiva de las 4 componentes la de los residuales es una componente que esta influenciando a la serie de tiempo?

porque cuando hay aleatoriedad en los residuales esa variable no es importante y solo la variabilidad esta influenciada por la tendencia y la componente estacional. es así?

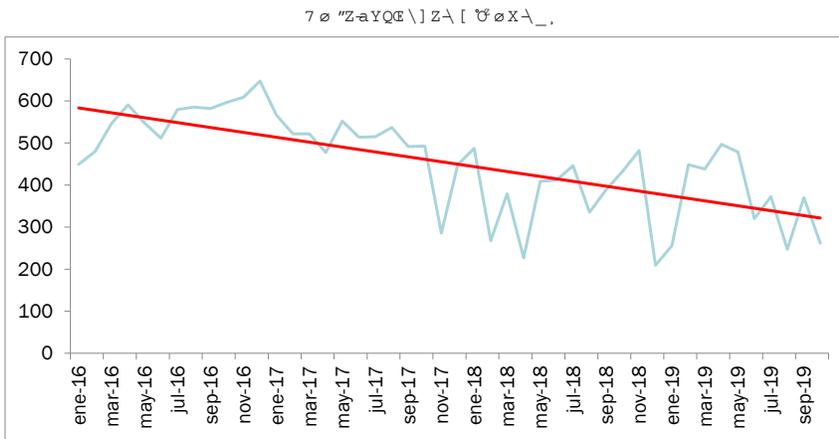


Figura 23: Totales mensuales de RSU ingresados a planta de tratamiento de enero 2016 a octubre 2019 y tendencia lineal

Como se observa en la Figura 23, la tendencia es decreciente, es decir que en promedio hay una disminución, a lo largo del tiempo, del total de residuos secos que se depositan en los contenedores diferenciados para ingreso a la planta de reciclaje. La ecuación de la tendencia es $T = -2,91 t + 452,43$, indicando que por cada mes que transcurre, los residuos secos ingresados a planta de tratamiento disminuyen, en promedio, 2.907,9 toneladas ($p < 0,0001$). Este resultado muestra que la separación de residuos en origen parece ser un hábito que está mermando en la población, aún cuando se cuente con espacios diferenciados para su deposición. El coeficiente de determinación indica que el 47% de la variabilidad del total de residuos ingresados a planta de tratamiento está explicada por el tiempo.

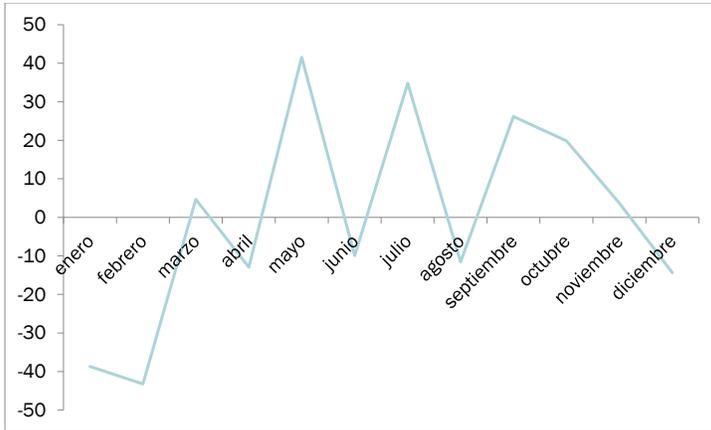


Figura 24: Componente estacional de la serie de totales mensuales de RSU ingresados a planta de tratamiento enero 2016 a octubre 2019

Respecto a la componente estacional, se observa en la Figura 24 diversos picos correspondientes a los meses de febrero, mayo y julio. Este comportamiento no se podría explicar con factores conocidos.

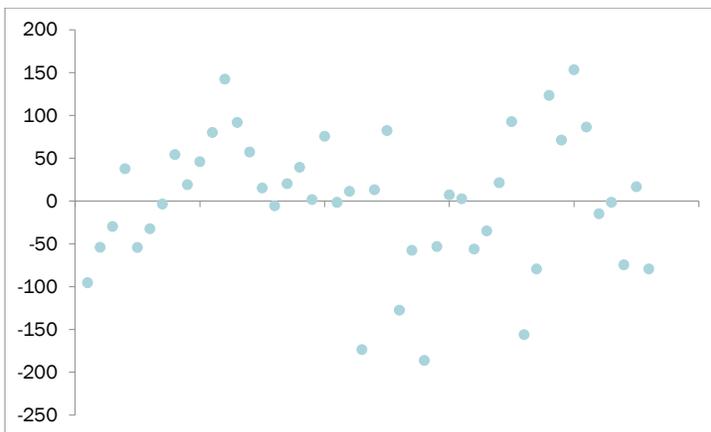


Figura 25: Residuales de la serie de totales mensuales de RSU ingresados a planta de tratamiento enero 2016 a octubre 2019

En la Figura 25 se observa un comportamiento aleatorio de los residuales.

7.8 Consideraciones respecto a los pronósticos

La realización de pronósticos a partir de los datos utilizados en esta investigación no es posible ya que la información provista por el municipio está incompleta. En caso de contar con la serie completa, en primer lugar se debería analizar la incidencia del período de ASPO en la estimación de la tendencia. En caso de que estos datos distorsionen el fenómeno, se podrían utilizar otros métodos, como por ejemplo, las redes neuronales, para completar la serie antes de estimar sus componentes y realizar pronósticos.

8. CONCLUSIONES

Los datos provistos por la Municipalidad de Neuquén consistieron en planillas de registro de los ingresos diarios al Complejo Ambiental de Neuquén, por ruta recolección, desde enero de 2016 a noviembre de 2020. La depuración de la base de datos permitió obtener, por un lado, series de datos mensuales totales. Por otra parte los datos se diferenciaron según su precedencia, clasificando si provenían de empresas o de ciudades. Asimismo, se diferenciaron según su destino, clasificando aquellos que van directamente a relleno sanitarios de aquellos residuos secos que se recolectan de contenedores diferenciados ubicados en el área centro de la ciudad y que ingresan a la planta de tratamiento.

Para el análisis de la evolución de los RSU, se utilizó el modelo de descomposición aditiva de una serie de tiempo en sus componentes. Se calculó la tendencia lineal utilizando las fórmulas derivadas del método de los mínimos cuadrados, la componente estacional se obtuvo mediante el método de las medias mensuales y se calculó el error del modelo por diferencia. Se obtuvo además el coeficiente de determinación como una medida de la variabilidad explicada en cada situación analizada.

En el primer análisis global de los datos se observó un notorio cambio en la tendencia a partir de abril 2020, asociado al comienzo del aislamiento social y preventivo por la pandemia de Covid. Por lo tanto, se decidió realizar el análisis estadístico hasta el mes de marzo de 2020.

A partir del análisis global se observó una tendencia creciente en la producción de residuos, con un aumento promedio mensual de 126,04 toneladas. La componente estacional tuvo valores máximos en mayo, que se puede asociar al aumento de residuos generados por poda, y en diciembre, que se puede asociar al período de festividades. Asimismo, las bajas observadas en enero y febrero se pueden explicar por coincidir con el período de vacaciones.

En cuanto a los residuales del modelo, se observa un cierto comportamiento que no fue explicado por la tendencia ni la componente estacional, y que podría corresponder a una

componente cíclica. Para su análisis se requiere de una serie temporal más extensa.

Al analizar los residuos generados por empresas se encuentra que la tendencia es estable, con un promedio mensual de 1.837,82 toneladas. En la componente estacional se observa una baja importante en febrero, que se puede asociar con una disminución de la actividad debida a vacaciones. En cuanto a los residuos generados en las ciudades, se observa un comportamiento similar al del análisis global.

Respecto al destino de los residuos, los datos analizados se refieren al periodo que va de enero 2016 a octubre 2019, ya que desde ese momento y debido al cambio de empresa recolectora, no se pudieron distinguir las rutas de residuos secos. La evolución del total mensual de residuos depositados en el relleno sanitario es similar a la correspondiente al análisis global, indicando este hecho que no hay un cambio notorio que pueda asociarse a la separación de residuos.

En el caso de los residuos secos que ingresan a la planta de tratamiento, se observa una tendencia decreciente, es decir, la recta que estima la tendencia tiene pendiente negativa. El total de residuos que ingresaron a tratamiento se redujo, en promedio, en 2.91 toneladas por mes. Este hecho indica que, si bien se generan mayores cantidades de residuos, no se evidencia interés por parte de la población en realizar la separación en origen, aun cuando se cuente con contenedores diferenciados. En este sentido, es necesario capacitar a la población y estimular la conciencia social sobre la responsabilidad compartida para que, como se propone en el plan GIRSU, se minimicen los actuales impactos negativos de los RSU sobre el medio ambiente y los recursos naturales de la región. En particular, una política de separación en origen, con una adecuada recolección de residuos reciclables permitiría un aprovechamiento integral de los RSU que ingresen al sistema, dando valor agregado a la basura que hoy se desecha, minimizando además los volúmenes de residuos con destino al relleno sanitario (GIRSU Decreto 1403/09).

Analizando los modelos estimados, se observan pendientes positivos tanto en el análisis global como en los análisis de los ingresos de las empresas y los ingresos a relleno sanitario, lo que deja ver que la generación de residuos es cada vez mayor. En estos

modelos se detectaron factores que inciden en la generación de residuos y que se pusieron de manifiesto al estimar la componente estacional. Estas características estacionales deben ser tenidas en cuenta en planes de muestreo, ya que no solo se producen diferencias en la cantidad de RSU, sino también se debería evidenciar diferencias en la composición de los mismos de acuerdo a estas características (poda, vacaciones, festividades).

Los modelos de series de tiempo podrían utilizarse con fines de pronóstico si se cuenta con las bases de datos completas. En particular, se podría estimar el total de residuos a futuro, constituyendo información útil para prever acciones referidas, por ejemplo, a factibilidad de uso de los rellenos sanitarios.

Como conclusión general de este trabajo, se destacan los siguientes aspectos:

- La información que se obtiene a partir de análisis estadísticos permite sacar conclusiones sobre los fenómenos en estudio y propiciar políticas públicas.
- La producción de RSU ha ido aumentando a lo largo del período de estudio, a la par del crecimiento poblacional. La gestión de estos RSU es una tarea indispensable que tiene la máxima importancia en la ejecución de cualquier plan de manejo integral de residuos.
- No se evidencia que las políticas de separación en origen y recolección diferenciada estén siendo efectivas. En este sentido, es necesaria una revisión por parte del estado de dichas políticas, para que se cumplan los objetivos de las leyes específicas de gestión de RSU.
- Para un conocimiento más preciso, tanto de la cantidad como de la composición de los RSU, sería necesario un muestreo continuo. De concretarse un proyecto de este tipo, las conclusiones de este trabajo aportan información para el diseño del plan de muestreo. Por otro lado, este proyecto podría incluir la clasificación de los residuos generados para establecer políticas de recuperación y reciclado.

9. BIBLIOGRAFÍA

- ✓ **Abraham, A.N. (2020).** “Caracterización de los residuos sólidos urbanos generados en la ciudad de Junín de los Andes, provincia de Neuquén: aportes para el diseño de una planta de recuperación”. Tesis de Licenciatura en saneamiento y protección ambiental. Facultad de Ciencias del Ambiente y la Salud. Universidad Nacional del Comahue.
- ✓ **Abril, J.C. (2011).** Modelos para el Análisis de las Series de Tiempo. Revista de Investigaciones del Departamento de Ciencias Económicas de La Universidad Nacional de La Matanza.
- ✓ **Acurio, G., Rossin, A., Teixeira, P. F. y Zepeda, F. (1997).** Diagnóstico del Manejo de Residuos Sólidos Municipales en América Latina y el Caribe. Publicación conjunta del Banco Interamericano de Desarrollo y la Organización Panamericana
- ✓ **ADI-NQN. (2021).** Adenda al estudio de impacto ambiental “Gestión de los Residuos Sólidos Urbanos(GIRSU) en la zona de los Valles y la Confluencia”
- ✓ **ADI-NQN S.E.P. (2008).** Proyecto de Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos en el área de la Confluencia. <http://www.adinqn.gov.ar/rsu.htm>†
- ✓ **Allende, N. (2016).** “Aproximación a la problemática de los RSU desde la percepción de los habitantes del asentamiento informal Los Hornos de la Ciudad de Neuquén”. Tesis de Licenciatura en saneamiento y protección ambiental. Facultad de Ciencias del Ambiente y la Salud. Universidad Nacional del Comahue.
- ✓ **Boché, S. (2005).** Series de tiempo. Apuntes teóricos Departamento de Estadística. Universidad Nacional del Comahue.
- ✓ **Bogaard J., Ventura L. y Vogrig J. (2010).** Los residuos sólidos urbanos “Doscientos años de historia porteña”. *Ciencia Hoy*, 13pp.
- ✓ **Castillo M., Tarando M., Collado J., Gamarnik M., Tokman A. y Villalba D. (2023).** Aprender de los Residuos. La gestión integral e inclusiva de los residuos y su impacto socio-ambiental. Dirección Nacional de Economía Popular
- ✓ **Cavallin, A. (2019).** “Análisis de eficiencia y elaboración de propuestas de mejora de la GIRSU en municipios del SO de la Pcia. Buenos Aires y de Cataluña a través de modelos integrados por DEA y RNA”. Tesis de doctorado en ingeniería.
- ✓ **Ciminari, M., Capua, O., Jurio, E., Kreiter, A., Torrens, C. (1996).** Proyecto: “Asentamientos y Conflictos Ambientales en los valles inferiores de los ríos Limay y

Neuquén”, Proyecto de investigación, Neuquén.

- ✓ **Dirección Provincial de Estadística y Censos Provincia de Neuquén. (2013).** Provincia del Neuquén. Boletín Estadístico N° 150. Marzo/Abril
- ✓ **ENGIRSU. (2005).** Estrategia Nacional para la Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos. Ministerio de Salud y Ambiente, Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable.
- ✓ **Gonzalez Insua, M. y Ferraro, R. (2015).** Los residuos sólidos urbanos en Mar del Plata, Argentina: ¿problema ambiental o insumos para la industria? Letras Verdes. Revista Latinoamericana de Estudios Socioambientales. 17: 57-85.
- ✓ **Hanke, J.E. y Reitsch, A.G. (1996)** Pronósticos en los negocios. Pearson ed.
- ✓ **INDEC. (2010).**
<https://redatam.indec.gob.ar/argbin/RpWebEngine.exe/PortalAction?BASE=CPV2010A>
- ✓ **Martín Pliego, J. F. (2004).** Introducción a la Estadística Económica y Empresarial. 3° Edición. Alfa Centauro.
- ✓ **MirkoMoskat, Taller Ecologista. UnTER. (2016).** 1er. Congreso Socioambiental. Gral. Roca – FiskeMenuco.
- ✓ **Nubia, A y Moncada, M (2010).** Estrategias para la adecuada gestión de residuos sólidos en el área urbana del municipio de Sahagun, departamento de Córdoba.
- ✓ **ONU. (2018).** Perspectiva de la Gestión de Residuos en América Latina y el Caribe. 2018: Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente.
- ✓ **Pérez, P. y Gamallo, G. (1994).** “Basura privada, servicio público. Gestión pública y privada de los residuos sólidos en dos ciudades argentinas”. Centro Editor de América Latina.
- ✓ **PUA. (1997).** Plan Urbano Ambiental de la Ciudad de Neuquén.
- ✓ **Pérez, G. G. (2018).** “La conurbación en torno a la ciudad de Neuquén. Perspectiva regional y aportes para el ordenamiento territorial”. Tesis doctoral Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación. Universidad Nacional de La Plata.
- ✓ **Semmartin, M. L., Amdan, M. L., Fredes, M., Mazzeo, N., Pierini, V. y Uijt den Vesco, L. P. (2006).** *ResidosSolidos Urbanos, Su gestión integral en Argentina.* Interamericana. Para obtener título de Abogacía. Universidad Abierta.157pp.

- ✓ **Tchobanoglus, G., Theisen, H. y Vigil S. (1994).** Gestión Integral de Residuos Sólidos. Ed. Mc. Graw Hill. McGraw Hill ed.
- ✓ **UNEP. (2016).** *GEO-6 Regional Assessment for Latin America.* Nairobi, Kenia: UNEP.
- ✓ **UnTER. (2016).** 1er. Congreso Socioambiental. Gral. Roca – Fiske Menuco.