

APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS EN BOGOTÁ: UN MODELO MATEMÁTICO QUE PIDE RECICLAR

Autor: Sebastián Felipe Ríos Montaña – sfriosm@correo.udistrital.edu.co

Docente asesor: Elizabeth Martínez Villarraga

PALABRAS CLAVES

Residuos sólidos, series de tiempo, reciclaje, medioambiente, Matemización.

INTRODUCCIÓN

Se han llegado a imaginar la cantidad de residuos sólidos que produce una ciudad que según cifras del Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE, 2018) se acerca a los ocho millones de habitantes, pues para la Unidad Administrativa Especial de Servicios Públicos (UAESP, 2021) en realidad son toneladas diarias, pero ¿cuántas de esas toneladas se aprovechan?, este artículo pretende documentar la cantidad de residuos sólidos que producimos los Bogotanos, calcular la cantidad de personas que reciclan y no reciclan, y estimar el monto de residuos sólidos que se aprovecha-

rían en el decenio 2020-2030 si todos reciclamos, para esto utilizamos el modelo matemático de series de tiempo propuesto por (Sarmiento, 2008) que nos ayuda a determinar pronósticos en las cifras de residuos aprovechados, para esto nos asentamos en la base de datos propuesta por la UAESP que informa cuantos residuos se generaron en el intervalo de tiempo entre los años 2005 y 2020.

Por último se considera útil matematizar la situación, dado que por medio de ella se pronostican posibles beneficios para la sociedad, esto sí empieza a reciclar durante la década que acaba de empezar; por otro lado es interesante ver como los residuos sólidos que producimos día a día pueden llegar a

¹Facultad de Ciencias y Educación. Licenciatura en matemáticas.

convertirse en un número más, (nada despreciable a decir verdad), todo lo contrario bastante desmedido, tanto que genera grandes afectaciones al medio ambiente y a los habitantes que por el crecimiento de esta cifra, se ven fuertemente perjudicados en su calidad de vida, tal y como lo establece (Valbuena, 2017).

ESTABLECIENDO EL PROBLEMA

Desde la Licenciatura en Matemáticas de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas dentro del curso Matematización de problemas medioambientales, nace la idea de publicar un artículo relacionado con un problema ambiental, este debe tener como propuesta la aplicación de algún modelo matemático que represente la situación y pronostique algún tipo de solución, de esta manera determinamos que actualmente el consumo desproporcionado nos está llevando a una excesiva generación de residuos sólidos, los cuales la mayor parte son desechados pero no reciclados, afectando de manera directa a nuestro medio ambiente, no solo de manera local sino también a nivel global.

El reciclaje es una de tantas maneras a la que todos debemos recurrir para tener un medioambiente saludable, (Abad, 2015) lo confirma, indicando que los desechos reciclables permanecen durante un corto lapso como contaminantes del entorno, adicionalmente se reduce la extracción de materiales vírgenes y se reducen los procesos productivos contaminantes que nos garantizan calidad de vida para nosotros y futuras generaciones.

¿QUÉ MUESTRAN LAS BASES DE DATOS?

Pesquisando por diferentes bases de datos de entidades distritales que regulan las basuras en Bogotá encontramos la UAESP, quien informa en tiempo real la cantidad de residuos sólidos que generan los ciudadanos, la proporción que se entierra y se recicla, y aunque la base de datos no interviene de manera específica indicando número de habitantes que realizan dichas acciones, si se centra en la Producción Per Cápita (PPC), es decir kilogramos de residuos generados por

cada habitante al día. Estos datos despertaron la curiosidad de determinar bajo fórmulas matemáticas (*Ver fórmula 1*) qué cantidad de habitantes reciclan y cuáles solamente desechan lo consumido para ello nos basamos en la siguiente fórmula:

$$PPC = \frac{KgG}{Hab * día} \quad (1)$$

Donde:

PPC: Producción Per Cápita

KgG: Kilogramos basura Generada

Hab: Habitantes que producen residuos

APLIQUEMOS MODELOS MATEMÁTICOS

Para poder calcular la cantidad de habitantes (*Ver fórmula 2*) que generan residuos sólidos bajo una PPC previamente establecida por la UAESP, basta con despejar la variable de Habitantes de la fórmula 1 obteniendo la siguiente:

$$Hab = \frac{KgG}{PPC * día} \quad (2)$$

En relación a las formulas anteriores, en la si-

guiente tabla (*Ver tabla 1*) observamos la cantidad de residuos generados, enterrados y aprovechados, junto a la cantidad de habitantes que los generan, que no reciclan y que reciclan, correspondiente a cada año desde el 2005 hasta el 2020.

Con la información que presenta la tabla 1 y utilizando el modelo de series de tiempo, inicialmente calculamos el valor del pronóstico de residuos generados, enterrados y aprovechados para el decenio 2020-2030, el cual se hace por medio de un modelo de regresión lineal, de esta manera encontramos las tres ecuaciones que modelan los datos y nos ayudaran a fijar las cifras a pronosticar, en el siguiente figura (*Ver figura 1*) podemos apreciar las funciones que se ajustan a los datos.

Ahora pasamos a aplicar el modelo de medias móviles que consiste en promediar los datos de los años anteriores, (datos que se tienen 2005 al 2021) y calcular un pronóstico para el decenio siguiente (2020-2030), el promedio se puede calcular determinando

cada n muestras (media móvil 2, media móvil 3, hasta la media móvil n -ésima) esto determinara con cuál de ellas se tiene más precisión, basándonos en la teoría, la que nos brinda más exactitud en los pronósticos de toneladas generadas, enterradas y aprovechadas será la media móvil 2, es decir se promedian los dos datos inmediatamente anteriores y se repite el proceso hasta completar todos los años que se pretenden pronosticar, (*Ver tabla 2*) se muestran los datos pronosticados, también se pueden apreciar la cantidad de habitantes que los generan, los que no reciclan y los que reciclan, obtenidos de manera análoga al de regresión lineal simple y utilizando el modelo de medias móviles.

Para calcular la PPC del decenio 2020-2030, basta con volver a utilizar la ecuación propuesta al inicio del artículo (*Ver fórmula 2*) conforme a ella, en la siguiente tabla (*Ver tabla 2*) también se presentan la cantidad de residuos generados por habitante al día en promedio para cada uno de los años pronosticados.

APRECIACIONES A CONSIDERAR

Ya que hemos determinado la cantidad de personas que reciclan en Bogotá versus la cantidad de residuos sólidos que generamos, y hemos pronosticado cifras para la siguiente década, podemos afirmar lo alarmante y desproporcional que puede seguir siendo el bajo porcentaje de personas que reciclan frente a las que no, tan solo cerca de entre el 12% y 16% de habitantes en Bogotá reciclan.

Toneladas de basuras siguen llenando día a día el relleno Doña Juana, siendo unos de los rellenos sanitarios más grandes del mundo, desde su creación en 1998 (**Valbuena, 2017**) afirma que varias comunidades han sido afectadas en diferentes campos de la vida social, entre algunas de ellas se evidencian situaciones de orden ambiental; dado el deterioro del medio y del suelo, como también la generación de plagas, enfermedades, y damnificaciones ecológicas a una población que era predominantemente rural.

Con lo anterior entramos a reflexionar que reciclar no es algo que se queda plasmado en

simples números, como talvez se llega a entender este artículo, sino por el contrario transciende a una problemática ambiental y social que afecta a muchos, creemos que llego la hora de implementar políticas suficientemente efectivas para obligar a cada hogar y empresa bogotana a reciclar, a pesar de que múltiples investigaciones, manifestaciones sociales y modelos matemáticos expuestos llegan a la misma conclusión, la verdadera situación problema y pregunta aquí es: ¿Qué estamos esperando los bogotanos para empezar reciclar?

CONCLUSIONES

- Es interesante ver como la PPC en Colombia es un dato que según los pronósticos poco varia con respecto a la variación del tiempo, para la próxima década en promedio seguiremos generando casi la misma cantidad de residuos sólidos por día, comparando la PPC entre los años 2005-2020 y la del siguiente decenio 2020-2030 la diferencia no superará los 0,004031853 kg/hab*día.
- Es importante resaltar que a pesar de que no todos los bogotanos reciclamos, pasaremos de aprovechar 252.662 toneladas en el año 2005, a 550.350 toneladas en el año 2030, es decir en una variación de 25 años la diferencia de toneladas aprovechadas se aproxima a las 297.688, aunque no es lo esperado, si es una cifra considerable.
- Si bien es cierto que las toneladas de residuos sólidos aprovechados cambiarán significativamente, los generados también lo harán, entre el año 2005 y el 2030 la diferencia se aproximará a las 1.166.436 toneladas de más.
- Relacionando la cantidad de habitantes que reciclan en el año 2005 con un total aproximado de 5.697.322 y el año 2030 con 11.662.725 podemos decir que aumentará en un 204.7%; mientras que la cantidad de habitantes que no reciclan pasará de 1.855.044 en el año 2005 a 2.723.793 en el año 2030, cer-

- ca del 146% de más, concluyendo así que serán más los habitantes que empezarán a reciclar.
- Tan solo cerca del 12% de la población bogotana recicla y aunque la población capitalina crece exponencialmente respecto al tiempo, la cantidad de residuos sólidos aprovechados parece no aumentar de igual manera, como se diría popularmente en Colombia “*Entre más vacas, menos leche*”, los números y cálculos matemáticos lo demuestran, trabajar para que la población del común lo entienda, es algo que desde el ámbito educativo debería empezar a realizarse.
- Si en realidad creemos que la basura es dinero, el gobierno debería implementar políticas públicas que fomenten el reciclaje y que a cambio exista una remuneración económica para quienes lo hagan, aunque es algo que un país poco preparado matemáticamente pueda llegar a entender, no es imposible lograrlo.
- Bogotá es una ciudad que necesita reciclar, problemas ambientales, sociales, culturales, demográficos, económicos y matemáticos lo demuestran.
- Las matemáticas siempre serán una rama de la ciencia muy importante que ayudarán a explicar la complejidad de la naturaleza por medio de números, conectarnos con nuestro medioambiente y entender las matemáticas son dos propósitos por los que debemos trabajar.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abad, M. (2015). El reciclaje, como estrategia para el incremento del empleo, aplicación económica de residuos y el cuidado del medio ambiente. Revista: DELOS Desarrollo Local Sostenible. ISSN, 1988, 5245.
- Cámara de Comercio de Bogotá (2019). Población según escala territorial: localidades de Bogotá, municipios y provincias de Cundinamarca, depar-

tamentos de Colombia y países del mundo. <https://bibliotecadigital.ccb.org.co/handle/11520/23317>

- Valbuena, M. P. (2017). Estudio de la Configuración Discursiva a partir de la Problemática Socio Ambiental en la zona de Influencia Directa del Relleno Sanitario Doña Juana: Mochuelo. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Bogotá, Colombia.
- Sarmiento, E. M. (2008). Predicción con series de tiempo y regresión. Panorama, 2(4), 23.
- UAESP (2009). Unidad administrativa especial de servicios públicos. Obtenido de UAESP: Versión electrónica en la URL: <http://www.uaesp.gov.co/index.php/aseouaesp/aprovechamiento/contenedoresaprovechamiento> [F. consulta: 20200918]
- Zafra Mejía, C. A. (2009). Metodología de diseño para la recogida de residuos sólidos urbanos mediante factores punta

de generación: sistemas de caja fija (SCF). Ingeniería e Investigación, 29 (2), 8