

Quantification of Macroscopic Plastic Waste in the Choluteca River, km 13 Highway RN-15, MDC.

Nelson Wilfredo Lorenzana Cambar, Degree in Civil Engineering¹, Josué Francisco Robles García, Degree in Civil Engineering², Óscar Guillermo Mejía Mejía, Student³

Faculty Mentors: Marco Tulio Canales Chávez, PhD in Civil Engineering¹, Karla Antonia Uclés Brevé, M. Sc in Project Management², Miguel Alfonso Velásquez Madrid, Degree in Civil Engineering³

¹Universidad Tecnológica Centroamericana, Honduras, nlorenzanajr98@unitec.edu, josuerobles@unitec.edu, oscarmejia97@unitec.edu, marco.canales@unitec.edu, karla_ucles@unitec.edu, velasquezmiguel@unitec.edu

Abstract— The concentration of plastic waste in rivers has become a worldwide problem, since it flows into the oceans, damaging the marine ecosystem. To alleviate the problem of contamination of rivers, seas and oceans, multinational companies such as Ocean Bound have been formed, which has within its short to medium term projects the intervention of the Choluteca River, which has motivated the present investigation, which aims to determine the mass of macro plastic waste in the selected site, located at km 13, highway RN 15, exit to the department of Olancho, MDC, in order to calculate the average mass of macro plastics to verify if the company Ocean Bound can justify the installation of special nets or bio fences to collect solid waste from the Choluteca River, to be classified and disposed of correctly or recycled.

Keywords—Environment, Macro Plastics, Recycling, River Pollution, Solid Waste

Digital Object Identifier: (only for full papers, inserted by LACCEI).

ISSN, ISBN: (to be inserted by LACCEI).

DO NOT REMOVE

Cuantificación de Desechos Plásticos Macroscópicos en el Río Choluteca, km 13 Carretera RN-15, MDC.

Nelson Wilfredo Lorenzana Cambar, Licenciatura en Ingeniería Civil¹, Josué Francisco Robles García, Licenciatura en Ingeniería Civil², Óscar Guillermo Mejía Mejía, Estudiante³

Mentores de la Facultad: Marco Tulio Canales Chávez, PhD en Ingeniería Civil¹, Karla Antonia Uclés Brevé, M. Sc en Administración de Proyectos², Miguel Alfonso Velásquez Madrid, Licenciatura en Ingeniería Civil³

¹Universidad Tecnológica Centroamericana, Honduras, nlorenzana98@unitec.edu, josuerobles@unitec.edu, oscarmeja97@unitec.edu, marco.canales@unitec.edu, karla_ucles@unitec.edu, velasquezmiguel@unitec.edu

Resumen— La concentración de desechos plásticos en los ríos se ha convertido en una problemática a nivel mundial, puesto que desembocan en los océanos dañando el ecosistema marino. Para paliar el problema de la contaminación de ríos, mares y océanos se han conformado empresas multinacionales como Ocean Bound, que tiene dentro de los proyectos de corto a mediano plazo la intervención del río Choluteca, lo que ha motivado la presente investigación, que tiene como objetivo determinar la masa de desechos macro plásticos en el sitio seleccionado, ubicado en el km 13, carretera RN 15, salida al departamento de Olancho, MDC, de manera que se pueda calcular la masa promedio de macro plásticos para verificar si la empresa Ocean Bound puede justificar la instalación de redes especiales o bio bardas para recolectar desechos sólidos del río Choluteca, para ser clasificados y depuestos de forma correcta o reciclados.

Palabras clave—Contaminación de Ríos, Desechos Sólidos, Macro Plásticos, Medioambiente, Reciclaje

I. INTRODUCCIÓN

Ponce de Montoya (2008) define el crecimiento acelerado de la población urbana y de industrias como las principales causantes de la contaminación de ríos y quebradas en el Distrito Central (pág. 19), existe el reto de aportar a la problemática a nivel mundial del daño al medio ambiente por la alta concentración de plásticos en los ríos que terminan desembocando en los océanos.

La multinacional de Países Bajos, Ocean Bound, surge con el propósito de colaborar con la mitigación del impacto ambiental ocasionado por la presencia de desechos plásticos en los océanos, desde un enfoque que justifique la intervención oportuna para extraer desechos plásticos en los ríos, de manera que se pueda reducir la contaminación de los océanos, con el valor agregado de convertir los residuos en valor por medio del reciclaje.

La intervención de la empresa Ocean Bound para la recolección de desechos macroscópicos en el río Choluteca depende de los resultados obtenidos de la presente investigación, para lo que se determinó a partir de fuentes secundarias utilizar una doble metodología, la inspección visual y muestreo activo por recolección de redes, para calificar y cuantificar por masa los desechos macro plásticos, de manera que la multinacional analice si los resultados se encuentran

dentro de los parámetros que justifican la inversión en el río Choluteca como un proyecto en el corto o mediano plazo.

El trabajo de investigación muestra el fundamento teórico, la evidencia de la aplicación de una doble metodología, los resultados obtenidos de la clasificación por peso en el laboratorio de los macro plásticos, la comparación de los resultados entre sí, así como las conclusiones técnicas y recomendaciones a partir de realizar el conteo visual y el muestreo activo por recolección por medio de redes en una sección del río Choluteca a la altura del kilómetro 13 de la carretera RN 15, en el Municipio del Distrito Central.

Para el muestreo activo fue necesaria la fabricación de la red en el laboratorio de Ingeniería Civil de la Universidad Tecnológica Centroamericana (UNITEC) para efectos de la investigación, para lo que se siguieron las especificaciones obtenidas de fuentes secundarias, proceso que se podrá observar como parte de la metodología de investigación.

Asimismo, se muestra la descripción de los procesos metodológicos de recolección, clasificación y pesado de desechos macro plásticos que se llevaron a cabo como parte de la investigación a favor del medioambiente, tal como lo realizan los alumnos de Ingeniería Civil, lo que demuestra no solo el compromiso de los estudiantes, sino de la universidad.

El enfoque de la investigación es mixto, ya que se definieron variables cualitativas y cuantitativas para el muestreo, como la clasificación y el cálculo de la masa por tipo de macro plástico y masa promedio de macro plásticos obtenida del conteo visual en la ribera, del noroeste al sureste del río, así como la recolección de desechos sólidos por medio de la red fabricada.

Como parte de la metodología de la investigación se muestran, los cálculos realizados mediante ecuaciones para obtener el promedio de la masa aproximada superficial, masa de plástico depositada y masa de plástico flotante, así como los resultados de cada metodología, el análisis técnico de estos y las conclusiones.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Enfoque

Se utilizó un enfoque de tipo mixto, ya que, por la naturaleza del proyecto, para lograr alcanzar el objetivo principal se debió tomar en cuenta variables cualitativas y cuantitativas, ya que la investigación requirió obtener la masa

Digital Object Identifier: (only for full papers, inserted by LACCEI).
ISSN, ISBN: (to be inserted by LACCEI).
DO NOT REMOVE

del plástico y la clasificación del tipo de plástico depositado en el río Choluteca para que la empresa Ocean Bound defina si es factible la implementación de la bio barda para paliar el problema.

2.2 Muestreo Activo Por Recolección por Medio de Red

El muestreo activo por recolección de red se llevó a cabo en un vado localizado en la sección de estudio del río Choluteca, esta metodología consistió en recolectar una muestra representativa de los distintos tipos de desechos sólidos que son arrastrados por la corriente del río Choluteca con el uso de la red fabricada. Para lo que se realizó la recolección por un periodo de 24 horas para posteriormente realizar el conteo por tipo de desecho retenido por la red y tabular los resultados que fueron obtenidos del muestreo en físico y el cálculo de la masa total de macro plásticos que son arrastrados por el río en la sección del vado.

La red fue construida por los alumnos investigadores con uso de tubería PVC de 1 in y malla zaranda, y fue colocada en una de las salidas de las alcantarillas del vado, se procuró que la profundidad del agua fuera la suficiente para cubrir la mitad de la red. Luego de 24 horas se regresó al sitio para recolectar, clasificar y contabilizar los desechos no orgánicos capturados por la red, para lo que se requirió de la ayuda de un lugareño.

2.3 Conteo Visual en la Ribera del Río

El conteo visual en la ribera del río consistió en seleccionar una zona de estudio ubicada en el margen del río, que represente la problemática del río Choluteca por su alta concentración de desechos sólidos, para delimitar el área y mantener el control del conteo de los desechos plásticos. Para lo que se tomó la decisión de delimitar un área de 1 m por 50 m, ya que 50 m de longitud era el máximo permitido debido al relieve de esa zona en específico.

El conteo se realizó en el área delimitada y se repitió 2 veces el procedimiento en diferentes fechas. Los resultados de este conteo visual en la ribera del río Choluteca fueron necesarios como parte de las variables involucradas en las fórmulas.

2.4 Conteo Visual en el Vado

El conteo visual en el vado consistió en la contabilización de desechos macro plásticos depositados a lo largo del vado que cruza el río Choluteca en el sitio de estudio. Este procedimiento se realizó 2 veces en diferentes días para obtener resultados y analizar el comportamiento de la acumulación de desechos.

El vado fue utilizado por su posicionamiento en el cauce del río lo que permitió el acceso a los desechos sólidos acumulados, mismos que fueron contados para poder clasificarlos correctamente para lo que fue necesario medir la longitud del vado.

2.5 Metodo del Flotador

Para obtener el tiempo de recorrido de los macro plásticos sobre la superficie del río, denominado tiempo de flotación, se aplicó la metodología de cálculo de caudal por el método del flotador, para lo que se delimitó una longitud de recorrido de 5 m con la colocación de un desecho de macro plástico aguas arriba y la medición del tiempo que este tomó para recorrer esta longitud, procedimiento que fue repetido en varias ocasiones, para lo que se descartaron los resultados alejados del promedio del conteo dejando como un mínimo de 3 para el cálculo del promedio aritmético.

2.6 Cálculo de la Masa Total

A continuación, se denota el cálculo realizado para obtener la masa promedio de cada desecho sólido identificado por medio de las metodologías de conteo visual en el margen y superficie del río, al igual que el muestreo de recolección por redes.

Para obtener la masa de los distintos tipos de macro plásticos contabilizados se pesaron muestras de diferentes tipos de macro plásticos que formaron parte de la clasificación, para luego realizar el promedio aritmético y establecer la masa estándar entre los macro plásticos.

$$PESO_{prom} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} \quad (1)$$

Donde:

X_i : Masa del macro plástico

n : Cantidad de macro plásticos por categoría

Para el cálculo de la masa aproximada superficial de macro plásticos se debe de multiplicar la masa de los desechos macro plásticos por la cantidad de unidades contadas entre el número de conteos realizados.

$$M_{as} = \frac{\sum M_{asCV_i}}{n} \quad (2)$$

Donde:

M_{as} : Masa aproximada superficial de desechos de macro plásticos

M_{asCV_i} : Masa promedio por unidades vistas

n : número de conteos visuales

La masa de plástico flotante es igual a la masa total de los desechos captados por la red colocada en la salida de una de las alcantarillas del vado, para lo que se asume que será igual para cada una de las alcantarillas, de donde la masa de plástico flotante es la masa total dentro de la sección hidráulica donde se localiza el vado.

$$M_{pf} = \frac{A_{hi}}{A_{ma}} * M_{ti} \quad (3)$$

Donde:

A_{hi} : Sección hidráulica del sitio de estudio

A_{ma} : Sección de malla

M_{ii} : Masa captada de interés

La masa captada de interés es igual a la masa promedio de desechos macro plásticos por las unidades contadas entre la cantidad de muestreos realizados.

La sección hidráulica es la suma de las secciones del área de las alcantarillas del vado cubiertas de agua. El resultado de la división entre la sección hidráulica y la sección de la malla es un factor que al ser multiplicado por la masa de macro plástico-captada por la malla se obtiene la cantidad de plástico total que fluye a través de esa sección hidráulica.

El caudal de plástico flotante indica cuanta masa de macro plásticos es captada por la red en un determinado periodo de tiempo.

$$Q_{pf} = \frac{M_{pf}}{t_m} \quad (4)$$

Donde:

M_{pf} : Masa de plástico flotante

t_m : Tiempo de muestreo activo

El tiempo para el muestreo activo con uso de la red construida para la recolección de desechos sólidos se determinó que sería de 24 hr.

El tiempo de recorrido es el que le toma a un desecho recorrer la sección del río desde el punto inicial aguas arriba hasta el punto de muestreo.

$$TR = L_R / V_F \quad (5)$$

Donde:

L_R : Longitud de recorrido

V_F : Velocidad de flotación

La velocidad de flotación se obtiene aplicando el método del flotador para el cálculo de caudales, en donde se determina una longitud y se mide el tiempo que le toma a un objeto recorrerla. La velocidad de recorrido será igual a la longitud entre el tiempo.

$$V_F = \frac{L_F}{t_F} \quad (6)$$

Donde:

L_F : Longitud determinada para aplicar el método del flotador

t_F : Tiempo de flotación

La masa captada, de interés para la investigación es la masa total depositada a lo largo de la sección del río, la que se obtuvo multiplicando la masa promedio por metro lineal por la sección del río.

$$M_T = M_{pt} * L_R \quad (7)$$

Donde:

M_{pt} : Masa promedio por metro lineal

L_R : Longitud de recorrido

La masa promedio por metro lineal resulta del ancho promedio de la sección de estudio por la masa promedio de interés calculada entre el área de control muestreada.

$$M_{pt} = (M_{id} * b_p) / A_m \quad (8)$$

Donde:

M_{id} : Masa Promedio de interés

b_p : Ancho promedio de la sección muestreada

A_m : Área muestreada

La masa total de plástico es igual a la masa total de macro plástico depositada que será arrastrada durante la primera crecida del río Choluteca en la época de lluvia.

$$M_{total} = (Q_{pf}) * T_R + M_T \quad (9)$$

Donde:

Q_{pf} : Caudal de plástico flotante

T_R : Tiempo de recorrido

M_T : Masa captada de interés

$$M_{total} = (0.63 \text{ kg/hr}) * 11.25 \text{ hr} + 148,656.00 \text{ kg}$$
$$M_{total} = 148,663.09 \text{ kg}$$

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Conteo Visual en el Vado

Con base en las unidades observadas, se determina que los macro plásticos con mayor incidencia a través del conteo visual efectuado a lo largo del vado son las bolsas de plástico, envases no retornables menores o iguales a 500 ml y productos a base de poliestireno.

Cuando el conteo visual es referido a la masa por tipo de macro plástico, únicamente los envases no retornables mantienen la relación de que, entre mayor es el número de unidades observadas mayor el peso por tipo de macro plástico. Cabe destacar que esto no se cumple con todas las categorías antes mencionadas en el párrafo anterior, ya que el peso estándar para cada unidad es técnicamente despreciable en comparación con otros desechos de macro plásticos, por lo que para mantener la relación debe registrarse una cantidad superior de unidades observadas.

Asimismo, al utilizar la misma relación en las categorías de pajillas y desechos hospitalarios, estos pueden ser descartados debido a que la cantidad de unidades registradas fueron poco significativas, ya que, no alteran el resultado de la masa

promedio por tipo de macro plástico resultante del conteo en el vado.

3.2 Conteo Visual en la Ribera del Río

Los desechos de macro plásticos depositados que predominan en las riberas son las bolsas de plástico, las bolsas de golosinas y los plásticos PET, también conocido como polietileno tereftalato. Cabe destacar que la relación entre la cantidad de unidades observadas y la masa por tipo de desecho macro plástico se mantiene para las mismas categorías antes mencionadas. El plástico PET, siendo el de menor cantidad de unidades observadas dentro de los macro plásticos predominantes, es aquel que registra la mayor masa debido a su densidad.

A continuación, en relación con los envases no retornables mayores que 500 ml, los envases de productos de aseo personal, el poliducto y el polipropileno, son aquellos desechos macro plásticos con menor cantidad de unidades observadas, no obstante, las pajillas y desechos hospitalarios, a pesar de registrar una mayor cantidad no resultan significativo con la masa de las diferentes categorías de macro plástico.

En comparación con los desechos de macro plástico, los otros tipos de desechos presentan una mayor masa en relación con la cantidad de unidades observadas, siendo estos los desechos que requieren de menor cantidad para obtener un peso por categoría mayor que las categorías de macro plásticos, desechos tales como: aluminio, papel y ornamentos, los que pueden ser descartados debido a que no se registraron las unidades necesarias, por lo que en conjunto el peso es despreciable ya que no altera de forma significativa el resultado de la masa promedio por tipo de desechos no macro plásticos observados en la ribera del río.

3.3 Muestreo Activo de Recolección por Red

Con base en las unidades observadas, se determinó que los macro plásticos con mayor incidencia a través del muestreo activo de recolección por red efectuado en la salida de una alcantarilla del vado son los productos a base de poliestireno, los envases no retornables menores o iguales a 500 ml y los desechables plásticos, sin embargo, cuando es referido a la masa por tipo de macro plástico, únicamente el poliestireno y los envases no retornables con capacidad menor o igual a 500 ml mantienen la relación entre mayor es el número de unidades observadas mayor el peso por tipo de macro plástico.

Cabe destacar que esto no cumple con la categoría de desechables plásticos, ya que el peso estándar para cada unidad es menor en relación con otros desechos macro plásticos, por lo que para mantener esta relación se debe registrar una mayor cantidad que las unidades observadas, no obstante, el plástico PET, a pesar de no registrar una mayor cantidad que las unidades observadas, tiene un peso estándar representativo que genera mayor masa por tipo de macro plástico en comparación con las demás categorías antes mencionadas.

Asimismo, al utilizar la misma relación para las categorías de pajillas y desechos hospitalarios, estos pueden ser descartadas debido a que no se recolectaron por la red este tipo de desperdicios, por lo que, en conjunto con un peso estándar despreciable no alteran en forma significativa de la masa promedio por tipo de macro plástico en el vado.

La relación entre las unidades observadas y el peso estándar por tipo de desechos sólidos no macro plásticos mantiene la tendencia de que a mayores unidades observadas mayor será la masa de estas categorías, entre las que se encuentran los desperdicios de calzado, hojalata y cartón. Mientras que, las categorías de ornamento plástico y papel no representan un valor significativo en la masa promedio por tipo de desechos sólidos no macro plásticos, por lo tanto, pueden ser descartados.

3.4 Pesos Totales y Promedios por Metodología

La masa total promediada de desechos para el muestreo activo de recolección por red, evidencia un resultado inferior en comparación con otros resultados que provienen del conteo visual efectuado en el margen y superficie del río, por consiguiente, este dato no refleja la problemática que ocurre en el río Choluteca.

La dificultad que representó el uso de la red para recolectar desechos sólidos en la sección de estudio del río Choluteca durante la temporada seca, consiste en que el río carece del caudal y fuerza de arrastre, necesaria para lograr el acarreo de los desechos acumulados en las riberas o parcialmente sumergidos en la superficie del río.

Contrario al muestreo activo de recolección por red, resultó más efectivo el conteo visual efectuado en el margen para la clasificación de macro plástico. Esto es debido a que la mayoría de las unidades observadas, que conforman la masa promedio, está integrada por el macro plástico de interés, sobre todo las bolsas plásticas, empaques de golosinas y plásticos PET.

La masa promedio más representativa en el conteo visual en el vado en comparación con los resultados que provienen del conteo visual efectuado en el margen y el muestreo activo de recolección por red, es el de la categoría del caucho, el cual contiene un peso estándar superior, además de una mayor cantidad de unidades observadas, lo que lo convierte el muestreo inefectivo por la ausencia de macro plástico de interés. En la tabla 1 se observan los resultados de la masa de interés durante el proceso de muestreo.

TABLA I
RESUMEN DE RESULTADOS DE CADA METODOLOGÍA

Resultados de Conteo de Desechos Sólidos			
Tipo de Conteo	Conteo 1 (kg)	Conteo 2 (kg)	Promedio (kg)
MAR	1.02	0.93	0.97
CVR	20.85	15.96	18.41
CV	3.40	7.35	5.38

Donde:

MAR: Muestreo activo por recolección por red

CVR: Conteo visual en ribera

CV: Conteo visual en el vado

En la tabla # 2 se muestran los resultados obtenidos por el método del flotador para promediar un tiempo de recorrido en la distancia delimitada, con el uso de un objeto de plástico para la simulación del comportamiento esperado por el desecho macro plástico flotante o parcialmente sumergido en la sección de estudio del río Choluteca.

Para lo anterior, resultó necesario identificar tiempo de flotación necesario para estimar la velocidad a la cual los desechos macro plásticos que recorren el río. Cabe destacar, que cada tiempo de recorrido por medio de la simulación fue ensayado para un momento dado en temporada seca, por lo que se debe reconocer que estos resultados pueden ser alterados durante diferentes condiciones meteorológicas.

TABLA 2
RESULTADOS DEL MÉTODO DEL FLOTADOR

Tiempos de Flotación	
Iteración	Tiempo
1	14.93
2	12.79
3	13.16
4	12.89
Total	53.77
Promedio	13.44

En la tabla #3 se indica el tiempo que le toma recorrer a un macro plástico la distancia de 15.2 km desde el puente Mallol hasta la zona de estudio durante la época de verano, este tiempo será utilizado para estimar la masa total de macro plásticos que recorren el río en la superficie.

TABLA 3
TIEMPO DE RECORRIDO

Tiempo de Recorrido	
L_R (m)	15,200.00
V_F (m/hr)	1,351.35
T_R (hr)	11.25

Donde:

L_R : Longitud de la sección de río

V_F : Velocidad de Flotación.

T_R : Longitud de la sección de río

En referencia con la tabla #4, se indica que la masa total que sería arrastrada durante la primera crecida del río Choluteca resulta de la suma de la masa total depositada en la ribera del río y la masa total en movimiento que se encuentra en flotación, la cual evidencia que la mayor cantidad de masa que será arrastrada proviene de la masa depositada en las riberas del río.

TABLA 4
MASA TOTAL

Masa Total	
Masa	Cantidad (kg)
M_{pf}	7.09
M_T	148,656.00
M_{total}	148,663.09

IV. CONCLUSIONES

Se ha estimado que la masa promedio de macro plásticos para la temporada de invierno en la sección del río Choluteca seleccionada por la empresa multinacional Ocean Bound en el km 13 de la carretera RN 15, salida al departamento de Olancho, MDC, es de 148,663.09 kg, cifra que justifica la inversión de la empresa para instalar una bio barda para captar los desechos macro plásticos, para luego ser recolectados y reciclados. Este resultado queda evidenciado mediante la aplicación de la metodología que combina el conteo visual y muestreo activo de recolección por medio de la red, a partir de los resultados para un momento específico en temporada seca, que considera las masas de desechos marco plásticos promedio, los tiempos de recorrido y el tiempo de muestreo, este último para el caso de la recolección por red.

AGRADECIMIENTOS

Agradecimiento especial al Dr. Marco Canales por su apoyo durante todo el proceso de investigación.

Al Ing. Miguel Velásquez por su asesoramiento durante el proceso de selección de las metodologías de muestreo.

A la Ing. Karla Uclés por su asesoramiento en el proceso de tesis.

Se le agradece al Ing. Juan Carlos Reyes por su dirección durante la fabricación de la red.

A la Universidad Tecnológica Centroamericana por su apoyo al permitirnos utilizar sus instalaciones para la construcción de la red.

REFERENCIAS

- [1] Ponce de Montoya, B. (2008). Análisis de la contaminación del Río Choluteca y sus efectos sobre la población a su paso por Tegucigalpa. *Ciencia y Tecnología*, 2(2), 19-37.
- [2] Carrasquero, F. L. (2005). Fundamentos de polímeros. Universidad de Los Andes, Departamento de Química. Obtenido de <https://www.saber.ula.ve/bitstream/handle/123456789/16743/polimeros.pdf>
- [3] Chermisinoff, N. (1998). *Groundwater Remediation and Treatment Technologies*. William Andrew.
- [4] Emmerik, T., & Schwarz, A. (2019). Plastic debris in rivers. *WIREs Water*, 7(1), 1-24. Obtenido de <https://doi.org/10.1002/wat2.1398>
- [5] González-Fernández, D., & Hanke, G. (2017). Toward a Harmonized Approach for Monitoring of Riverine Floating Macro Litter Inputs to the Marine Environment. *Frontiers in Marine Science*, 4(86), 1-7. Obtenido de <https://doi.org/10.3389/fmars.2017.00086>
- [6] Hendriske, C., & Behrens, F. (2021). *From Waste to Value*. Amsterdam. Obtenido de OCEANBOUND.
- [7] Newbould, R., Powell, M., & Whelan, M. (2021). Macroplastic Debris Transfer in Rivers: A Travel Distance Approach. *Frontiers in Water*, 3(724596), 1-14. Obtenido de <https://doi.org/10.3389/frwa.2021.724596>
- [8] González Galindo, D. (2021). *Caracterización de Residuos sólidos domiciliarios en el municipio de Honduras de la Sierra, Chiapas*. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. M. Young, *The Technical Writer's Handbook*, Mill Valley, CA: University Science, 1989.
- [9] Lenntech. (2021). *FAQ de la Contaminación del Agua*. Obtenido de Water Treatment Solutions: <https://www.lenntech.es/faq-contaminacion-agua.htm>
- [10] Röben, E. (2003). *Oportunidades para reducir la generación de los desechos sólidos y reintegrar materiales recuperables en el círculo económico*. Servicio Alemán de Cooperación Social-Técnica. Obtenido de

<https://www.ministeriodesalud.go.cr/index.php/investigacion-y-tecnologia-en-salud/inventarios-de-tecnologias-en-girs/reciclaje/1370-reciclaje-de-desechos-solidos>

- [11] Rondón Toro, E., Szantó Narea, M., Pacheco, J. F., Contreras, E., & Gálvez, A. (2016). *Guía general para la gestión de residuos sólidos domiciliarios*. CEPAL. Santiago: Naciones Unidas.
- [12] Suárez Pita, M., & de los A. Junco Díaz, R. (2012). Plan institucional de manejo de los desechos sólidos, una herramienta para la gestión hospitalaria. *Revista Cubana de Higiene y Epidemiología*, 50(3), 415-419.
- [13] Valencia, A. G. (2014). *Manual Piragüero: Medición del caudal*. Corantioquia.