



III Muestreo Nacional de Basura en los ríos de Chile

Mauricio Ergas & Martin Thiel



www.cientificosdelabasura.cl

Febrero 2022

Contenido

Resumen	
1. Introducción	4
2. Objetivos	6
2.1 Objetivo General	
2.2 Objetivos específicos	
3. Metodología	6
3.1 Zona de estudio	
3.2 Participantes del estudio científico	
3.3 Muestreo en terreno	
3.3.1 Basura en la ribera del río	
3.3.2 Composición de la Basura	
3.3.3 Microplásticos flotantes en el río	
3.3.4 Acumulaciones de basura	
3.4 Registro, validación y análisis de los datos	
4. Resultados generales	14
4.1 Abundancia de basura en la ribera	
4.2 Composición de la basura	
4.3 Muestreo de microplásticos	
4.4 Acumulaciones de basura	
5. Discusión	18
5.1 Abundancia de basura en la ribera	
5.2 Composición de la basura	
5.3 Acumulaciones de basura	
6. Conclusiones	20
7. Agradecimientos	21
8. Referencias	22
9. Anexos	26

Resumen

Los ríos y las riberas de Chile están amenazados por la basura. El tercer muestreo nacional de los ríos de Chile se realizó entre noviembre y diciembre del año 2021, con una participación de 39 equipos voluntarios en todo el país. El muestreo se enmarca en un contexto de recientes políticas públicas e iniciativas privadas para la conservación del agua y enfrentar el problema de la basura. Los resultados del muestreo confirman la presencia de desechos en todos los sitios ($n = 46$). Los plásticos de un solo uso fueron la categoría de objetos más común, representando, en promedio nacional, el 32,2% de los objetos contabilizados y clasificados. Se recolectaron en promedio 1,6 objetos m^{-2} en los ríos de Chile, siendo la zona 4 (regiones Ñuble, Biobío, Araucanía y Los Ríos) la más afectada. Un 78% de los sitios registraron grandes acumulaciones de basura (compuestos por agregaciones de más de 25 objetos), las cuales fueron depositados allí con intención. Este resultado en particular es preocupante en un país que experimenta las consecuencias del cambio climático (sequías) y que depende de las aguas de sus ríos para enfrentar esta crisis nacional. Este estudio comprueba la necesidad inmediata de reforzar y hacer cumplir las políticas públicas respecto al manejo de la basura y la promoción de las iniciativas privadas generadoras de conciencia ambiental.

1. Introducción

La basura antropogénica en el medio ambiente representa una amenaza creciente a los ecosistemas por todo el mundo (Bergmann et al., 2015). Los ríos y sus riberas acumulan y transportan los desechos humanos hacia el medio marino (Bletter et al., 2018; Rech et al., 2014). Estos se originan principalmente por el uso humano en la ribera de los ríos. También se pueden encontrar grandes acumulaciones, procedentes de vertimientos ilegales de tipo domiciliario o industrial (Rech et al., 2015; Williams & Simmons, 1999).

Múltiples factores antropogénicos, atmosféricos y topográficos afectan la abundancia y la dinámica del transporte de la basura hacia el mar (Honorato-Zimmer et al., 2021). Los ríos de Chile surgen en la Cordillera de los Andes, y surcan un estrecho e inclinado camino hacia la costa. Son ríos de montaña, que presentan altas velocidades, donde los eventos de inundación pueden acarrear grandes cantidades de basura de la ribera por la corriente (Honorato-Zimmer et al., 2021). La ocurrencia de estos eventos sugiere una variación estacional de la basura asociada al río, que además puede variar debido a cambios en la densidad humana que utiliza la ribera (Kiessling et al., 2019).

Los materiales que componen la basura se comportan de distintas formas en estas dinámicas. Las colillas de cigarro se entierran en la arena (Rech et al., 2015), los vidrios se rompen y los metales se oxidan, generando peligros para los visitantes y la fauna aledaña a la ribera. Los plásticos son múltiples composiciones químicas (Teuten et al., 2009; Espinosa et al., 2015). Algunos pueden fragmentarse con la radiación solar y las corrientes, y flotar al mar, desapercibidos, en forma de microplástico. Un porcentaje mayoritario de la basura plástica encontrada en los ríos de Chile corresponde a plásticos de “un solo uso” (Honorato-Zimmer et al., 2021). Tienen un corto periodo de vida, y son desechados después de su uso (Viera et al., 2020). El año 2016 se promulgó la Ley de Responsabilidad Extendida del Productor y fomento al reciclaje (Ley REP) (Leyton et al., 2019), que hace a los productores responsables del desecho que generan sus productos después de su uso (para 6 categorías “prioritarias”). Sin embargo, esta ley aún no se encuentra en vigencia, ya que aún deben ser promulgadas por decreto cada regla de operación para cada producto prioritario (Urbina et al., 2021).

El programa de ciencia ciudadana *Científicos de la Basura* realizó dos muestreos nacionales de basura en los ríos de Chile, junto a escuelas voluntarias en 2013 y 2017 bajo

una metodología estandarizada. Basado en los resultados de estos muestreos nacionales, Honorato-Zimmer et al. (2021) determinaron los orígenes de la basura, siendo (I) los desechos de visitantes de los ríos (locales y turistas), y (II) los vertimientos ilegales de basura las principales causas de su acumulación en las riberas del país. Observaron diferencias en la abundancia y composición de la macrobasura entre las diferentes zonas geográficas. En 2013 la abundancia promedio de basura fue de 1,94 objetos m⁻² y en 2017, 1,66 objetos m⁻². Un gran porcentaje de los sitios presentaban macrobasura flotante y hubo una baja abundancia de microplásticos a nivel nacional, salvo por algunos ríos que contenían grandes cantidades (Honorato-Zimmer et al., 2021).

Desde el último muestreo nacional, realizado en el año 2017, se generaron múltiples cambios en Chile. Algunos de estos son de carácter público, como las ordenanzas municipales y legislación nacional que restringieron y prohibieron la distribución de las bolsas de plástico de un solo uso. Además, múltiples iniciativas privadas han contribuido a la generación de conciencia en la población y también a diversas acciones locales y nacionales (Cristi et al., 2020). Finalmente, el cambio climático y las sequías que han afectado a Chile durante los últimos años han focalizado la atención a los cursos de agua dulce, un recurso vital para el país. Chile es un país privilegiado en su alta disponibilidad de recursos hídricos, contando con numerosos ríos, lagos y glaciares. El recurso se distribuye de manera heterogénea a lo largo del país, con una menor abundancia en la zona norte (Larraín, 2006). Esta zona además ha presentado un aumento sustancial en su población y la intensidad de actividad agrícola y minera en los últimos 30 años (Oyarzún et al., 2014), que han potenciado, junto a la disminución de las precipitaciones, el agotamiento de los acuíferos subterráneos (Salas et al., 2016), y por consecuencia, el caudal total de los ríos de la macrozona norte (Macpherson & Salazar, 2020). Ante estos peligros ya reconocidos por el estado y la sociedad civil (Urbina et al., 2021), se podría esperar que desde el 2017 hasta el año 2021 haya mejorado la protección de los ríos y que la cantidad de basura en la ribera y en las aguas de los ríos haya disminuido.

El muestreo nacional de basura en los ríos de Chile en 2021 permitió (I) cuantificar y calificar la macrobasura en la ribera, (II) establecer qué porcentaje de la macrobasura corresponde a “plásticos de un solo uso”, (III) hacer un seguimiento temporal del

comportamiento de la basura en la ribera y el microplástico flotante en ríos de Chile, y (IV) verificar la persistencia de los vertederos y microbasurales en las riberas.

2. Objetivos

2.1. Objetivo general

Generar información científica sobre la dinámica espacio-temporal de la macrobasura en los ríos andinos chilenos, a través de la ciencia ciudadana.

2.2. Objetivos específicos

- Cuantificar y caracterizar la basura presente en los ríos de Chile el año 2021
- Comparar la abundancia y tipo de basura a través de una escala temporal de ocho años: 2013 – 2017 – 2021
- Identificar las tendencias en la abundancia de basura entre las distintas regiones y zonas de Chile.
- Registrar la variación de la composición de ítems y el porcentaje de plástico de un solo uso, dentro de una muestra de aproximadamente 100 objetos, entre diferentes zonas.
- Constatar la abundancia de acumulaciones de basura, y presencia de vertederos y microbasurales en las riberas muestreadas.

3. Metodología

3.1. Zona de Estudio

Este estudio se realizó en 37 ríos chilenos, los cuales se caracterizan por provenir de la Cordillera de los Andes y por lo tanto, ser ríos de montaña. Algunas de sus características incluyen tener valles relativamente angostos con alta pendiente, lo que les concede una alta velocidad de flujo, turbulencia, rápidos y cascadas (Wohl, 2000). Además, estas características varían estacionalmente y también entre los ríos del norte y sur del país (Fuster et al., 2015). Debido al gradiente latitudinal de temperaturas y precipitaciones que presenta el país, los ríos se distribuyen heterogéneamente por el territorio (Rech et al., 2015).

Se muestrearon 46 sitios por 39 grupos capacitados, en 14 regiones del país, durante noviembre y diciembre 2021 (Anexo 1). Se subdividió el país en zonas, basándose en la división realizada por Bravo et al. (2009): zona 1 (regiones Arica y Parinacota; Tarapacá; Atacama), zona 2 (regiones Antofagasta; Coquimbo), zona 3 (regiones Valparaíso; Metropolitana; O'Higgins; Maule), zona 4 (regiones Ñuble, Biobío, Araucanía, Los Ríos), y zona 5 (regiones Los Lagos, Aysén, Magallanes).

3.2. Participantes del estudio científico

Para este muestreo, a diferencia de los dos anteriores que fueron realizados exclusivamente con escolares (Honorato-Zimmer et al., 2021), participaron principalmente voluntarios adultos y algunos profesores y escolares. Se realizó una convocatoria masiva, extendiendo la invitación a escuelas, grupos scouts, ONG's de carácter medioambiental, centros de alumnos de Universidades e invitaciones personales a científicos y profesores que han participado del programa Científicos de la Basura con anterioridad. Una persona, encargada del equipo, inscribió sus datos y fue contactada por el coordinador del muestreo. El encargado(a) debía capacitarse en una reunión virtual de 90 minutos de duración, para aprender de las metodologías, cuidados personales e indicaciones para una correcta validación de su trabajo.

Tras elegir una fecha y comprobar virtualmente el sitio de muestreo, se le enviaba la red de microplásticos al encargado del equipo mediante sistema de encomiendas. Prontamente a recibir la red, el equipo procedía a hacer el muestreo, donde realizaron cuatro actividades científicas, registraron los datos en la tabla estandarizada de la guía de actividades y tomaron las correspondientes fotografías. La red era enviada de vuelta al equipo coordinador del muestreo nacional, junto a la muestra que se recolectó, sellada en una bolsa de cierre zip. También mandaron la guía con los datos anotados en terreno y las fotografías de cada dato obtenido en las actividades.

3.3. Muestreos en terreno

Tras la capacitación virtual, los voluntarios(as) se comprometían a conseguir los materiales y enseñar la metodología a quienes les iban a acompañar en terreno. El sitio de muestreo era definido entre voluntarios y el equipo coordinador en base a 3 criterios: (I) que fuera un

sitio público y de fácil acceso, (II) que la ribera sea ancha y larga para realizar cada actividad en un espacio definido, y (III) que hubiera un puente u otra estructura de fijación para montar la red de microplásticos. En cada sitio de muestreo, se realizaron cuatro actividades para investigar diferentes aspectos de la contaminación por basura: (I) basura en la ribera (estandarizado en un círculo de área $7,1 \text{ m}^2$), (II) composición de la basura, (III) microplásticos flotantes, y (IV) acumulaciones de basura.

El protocolo de actividades ha recibido algunas mejoras y modificaciones menores desde 2013. Las guías de 2021 fueron adaptadas para que las actividades fueran realizadas por un grupo de 4-5 personas en un intervalo de tiempo de 2-4 horas de trabajo en terreno, en el marco de cumplir los protocolos COVID-19 y la dificultad de conseguir salidas extra-programáticas con escuelas (ver la guía completa de trabajo en este link <https://doi.org/10.5281/zenodo.5984126>).

3.3.1. Actividad 1: Basura en la ribera del río

Esta actividad tiene como objetivo cuantificar la cantidad y composición de los objetos en un área determinada. Para el buen desarrollo del ejercicio, el equipo voluntario debía identificar 3 franjas en la ribera, separadas por sus características topográficas desde el borde de río, hasta la franja alta de la ribera (Fig. 1a). Se realizan 3 transectos transversales a las franjas (separados entre ellos por al menos 20 m), con una estación circular de radio 1,5 m dispuesto de forma aleatoria dentro de cada franja, siendo un total de 9 estaciones por equipo de muestreo (Fig. 1b). Dentro de cada estación, se recolectaba la macrobasura presente (toda la basura de tamaño igual o superior a una colilla de cigarrillo o 25 mm), se disponía ordenada en una superficie contrastante y era clasificada, contada y fotografiada, antes de ser recolectada y pasar a la siguiente estación.

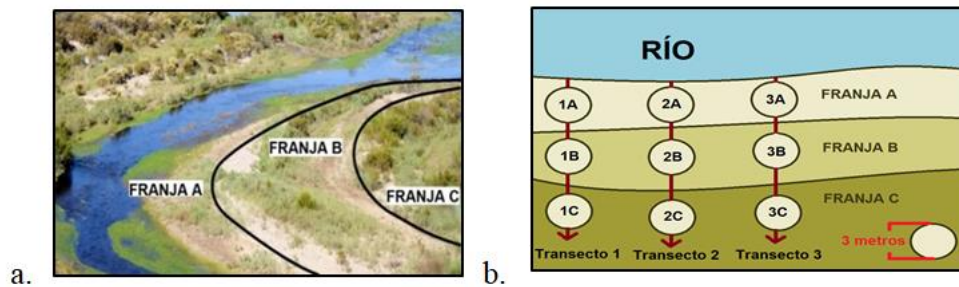


Figura 1: a. Identificación de las 3 franjas de la ribera; b. Esquema de las 9 estaciones repartidas.

3.3.2. Actividad 2: Composición de la Basura

Esta actividad es nueva y se incluye debido a la importancia de obtener datos científicos sobre la proporción de plásticos de un solo uso que abundan en las riberas. La actividad, que no había sido desarrollada los años anteriores en Chile, se obtuvo y tradujo del documento: “Project Booklet”, del proyecto “Pirates of Plastic”, programa hermano de los *Científicos de la Basura* en Alemania (https://www.plastic-pirates.eu/sites/default/files/document/2020-08/PPEU_Aktionsheft_EN_webRZ.pdf). Se agregó la categoría individual “mascarillas” dentro de los plásticos de un solo uso, para contabilizarlas de forma individual (Tabla 1).

La actividad consiste en una búsqueda masiva de objetos. Las personas delimitaron un área extensa que no se haya muestreado y recolectaron todos los objetos que encontraron a simple vista, con una medida de esfuerzo de 100 objetos, o media hora de búsqueda. Luego, todos los objetos se clasificaban en 24 categorías distintas (Tabla 1), para su posterior conteo y fotografía (Fig. 2).

Tabla 1: Categorías para clasificar la basura en la estación. Las categorías en gris corresponden a los “plásticos de un solo uso”.

CATEGORÍAS	DESCRIPCIÓN
Mascarillas	Mascarillas plásticas desechables
Bolsas Plásticas	Plástico LDPE. Objeto de uso cotidiano para transportar mercancías.
Tapas Plásticas	Tapas de botellas plásticas HDPE
Botellas Plásticas	Botellas plásticas PET
Cubiertos, bombillas y vasos plásticos	Materiales plásticos que se utilizan para manipular y consumir alimentos o bebestibles
Envoltorios plásticos de	Envoltorios plásticos cuya función es contener un alimento industrial

comidas	en su interior. Pueden contener una capa metálica.
Tampones, Toallas higiénicas, pañales	Elementos desechables de uso personal
Envases de comida rápida, tapas y vasos de café	Envases plásticos PS cuya función es almacenar y mantener caliente un líquido o alimento hasta su consumo
Poliestireno, Plumavit	Plásticos PS de embalaje
Pequeñas piezas de plástico, menores a 2,5cm	
Otros objetos de plástico	Objetos y piezas de plástico que no correspondan a las categorías anteriores
Globos	Objeto de goma flexible que sirve de adorno
Botellas de vidrio	50% o más de la botella
Vidrio en Piezas	Piezas de vidrio mayores a 25 mm. Su conteo es por botella y no por pieza individual
Otros objetos de vidrio	Ej: espejo, ventana de un auto, frasco
Latas de bebida, cerveza	Latas de metal
Tapas metálicas	Tapas y chapas de metal
Papel aluminio	Metal de múltiples usos. Esta categoría no incluye los envoltorios plásticos con una lámina de aluminio
Otros objetos metálicos	Objetos metálicos que no correspondan a las categorías anteriores
Colillas de cigarro	Resto de un cigarro que ha sido fumado. Desecho compuesto
Papel y Cartón	Incluye “cajetillas de cigarro”, cartón y papeles
Caucho	Neumáticos o restos de ellos
Textiles	Ropa, zapatillas otros objetos domésticos de género
Otros objetos sin categoría	Objetos que no pudieron ser clasificados
	PLASTICOS DE UN SOLO USO



Figura 2: Estación de clasificación de basura

3.3.3. Actividad 3: Microplásticos flotantes en el río

Para esta actividad los voluntarios(as) midieron la velocidad del río, lanzando un palo de madera (3 repeticiones) y midiendo con un reloj cuanto demoraba en recorrer una distancia conocida (20 m) marcada al borde del río (Fig. 3a). Luego, el grupo procedió a instalar una red de 1 mm de luz de malla, proporcionada por *Científicos de la Basura* (Fig. 3b), en contra de la corriente del río, con el agua fluyendo a través de la abertura, durante un mínimo de 60 minutos (Fig. 3c).

Terminado el muestreo, el equipo dejó secar la red, transfirió el contenido a una bandeja y se realizó un conteo simple de los microplásticos que fueron retenidos (Fig. 3d). Se hizo énfasis en los procedimientos para trabajar el microplástico y no contaminar la muestra, que luego fue enviada en una bolsa de cierre zip a *Científicos de la Basura* para su posterior análisis bajo lupa estereoscópica. Las muestras aún deben ser revisadas y contadas por un científico (Fig. 4), para luego enviar los posibles microplásticos a Alemania, para procesar y determinar los polímeros a los que corresponde cada muestra por espectroscopia infrarroja por transformada de Fourier (FTIR). Este proceso requiere muchos pasos diferentes para ser realizado, lo que toma mucho tiempo (aproximadamente un año), por lo que solo se presentarán resultados preliminares en este informe.

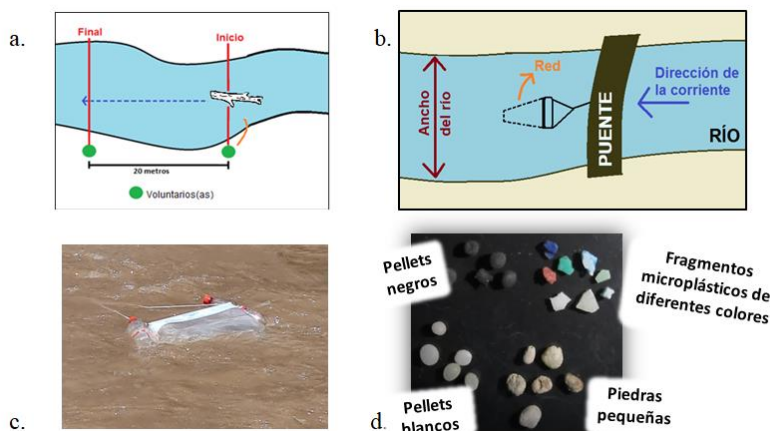


Figura 3: a. Método para medir la velocidad del río; b. Forma de instalar la red en un puente; c. Red para atrapar microplásticos mayores a 1mm; d. Clasificación de microplásticos

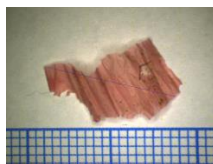


Figura 4: Microplástico recolectado en 2017 y analizado bajo FTIR

3.3.4. Actividad 4: Acumulaciones de basura

Los voluntarios(as) demarcaron un área establecida superior a 1000m^2 . Buscaron, clasificaron y fotografiaron en su interior las distintas acumulaciones de basura que puedan encontrar. Una acumulación corresponde a todo grupo mayor a 3 objetos separados por menos de 50 cm entre sí. Las acumulaciones fueron categorizadas en pequeñas (3-10 objetos), medianas (10-25 objetos) o grandes (más de 25 objetos). Todas las acumulaciones fueron fotografiadas y clasificadas según sus tamaños (pequeñas, medianas, grandes) para su posterior validación. Rech et al. (2015) discuten que los voluntarios no lograron bien medir el área de búsqueda de acumulaciones a través de pasos, o aproximando con la mirada. Es por esto que este año, siguiendo la metodología de Kiessling et al. (2019), se le pidió llevar una cuerda de longitud conocida para demarcar un cuadrilátero. Los datos que tenían que entregar fueron: ancho, largo y área del cuadrilátero. De esta forma, junto a la capacitación virtual y comprobando con las fotografías, se pudo mejorar la validación de este muestreo.



Figura 5: a. Fotografía de una acumulación en la ribera del río Mapocho; b. Guía para clasificar una acumulación.

3.4. Registro, validación y análisis de datos

Durante el desarrollo de las actividades en terreno, los equipos de voluntarios registraron sus datos en tablas diseñadas para este efecto, de forma que los datos puedan ser comparados posteriormente. Una vez finalizado el terreno y el posterior conteo de microplásticos, los voluntarios procedieron a enviar sus fotografías y datos por una aplicación nube, y las redes y muestras colectadas mediante servicio de encomienda.

Para el análisis y presentación de los resultados de este informe, los datos registrados por los voluntarios fueron verificados siguiendo la metodología en Kiessling et al. (2019) para las actividades 1, 2 y 4. Se revisaban las fotografías para cada dato y se contaban de forma superficial. Si los conteos no calzaban con las fotografías, o las fotografías tenían superposición de objetos, entonces el punto, o el set eran excluidos, dependiendo del porcentaje de discrepancia entre la fotografía y el dato. Se dio énfasis en la capacitación respecto a la importancia de las fotografías y la forma correcta de tomarlas, de forma de poder disminuir la cantidad de datos excluidos, problema reportado por Kiessling et al. (2019). No todos los grupos pudieron completar las cuatro actividades. Se validaron 358/414 círculos de muestreo en 42/46 sitios (act.1), 37 estaciones de clasificación de basura en 44/46 sitios (act.2), 37 muestras de microplástico en 42/46 sitios (act.3), y 602/704 acumulaciones de basura en 39/46 sitios. Los datos sin fotografía no fueron incluidos en el análisis.

4. Resultados

4.1. Abundancia de la basura en la ribera

Un total de 4087 objetos fueron recolectados, clasificados y validados en $N = 42$ sitios. La abundancia de desechos en las riveras de Chile fue altamente variable, en un rango de 0 a 178 objetos por círculo de muestreo ($n=358$). El promedio nacional fue de 1,61 ($\pm 1,62$) objetos m^{-2} . Al menos un ítem fue encontrado en cada sitio de muestreo. Un 86,6% de los círculos contenían basura ($n=311$). El círculo que más basura contenía fue reportado en la zona 3, en el río Cauquenes, con 178 objetos. Las zonas 1 y 5 tuvieron la media de valores más bajo de todas (0,87 y 0,67 objetos m^{-2} promedio, respectivamente), mientras que las zonas más afectadas fueron las zonas 3 y 4 (1,92 y 2,30 objetos m^{-2} promedio, respectivamente). Se reportaron mascarillas en el 7% de los círculos (59 mascarillas en

total). El 32% de los objetos recolectados fueron objetos plásticos y el 21% fueron colillas de cigarrillo.

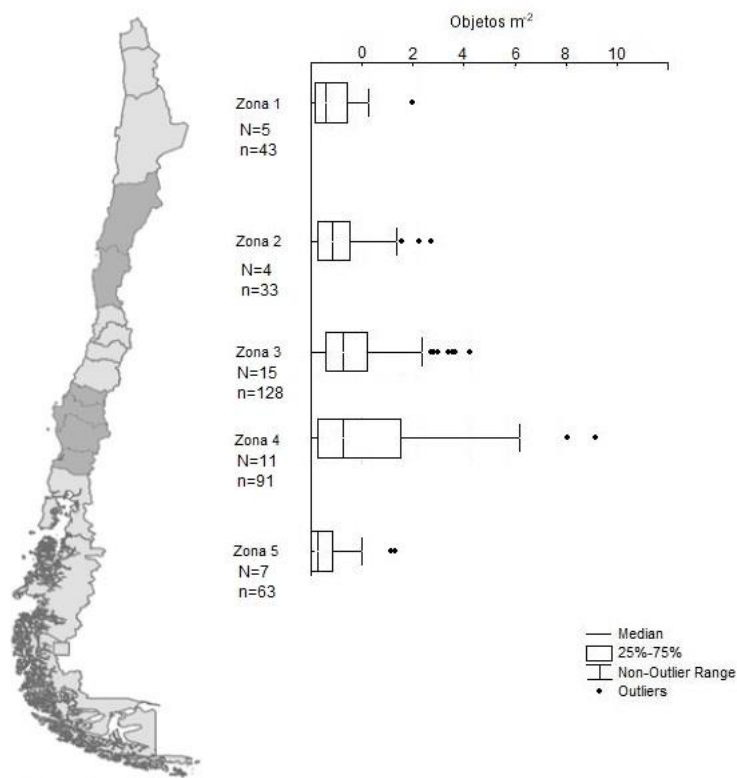


Figura 6: Abundancia de basura en las riveras de Chile en 2021, promediada por zona geográfica. Cada dato corresponde a un círculo de muestreo estandarizado a objetos m^{-2} ($n=358$). Los puntos representan “outliers”. Los valores extremos (coeficiente 1,5) fueron excluidos del gráfico.

4.2. Composición de la basura en la ribera

Se clasificaron un total de 4682 objetos. La composición de la basura fue diversa. El promedio nacional de objetos plásticos de un solo uso (categorías detalladas en Tabla 1) fue 32,21% ($\pm 13,8\%$). Metales (15,9%), otros objetos (13,3%), vidrios (13,2%), papeles/cartones (12,9%) y colillas de cigarrillo (12,5%) aparecieron en proporciones similares. No se observan tendencias de variación en la composición entre las distintas zonas. Se halló al menos una mascarilla en un 83% de los sitios (125 en total). Dentro de los plásticos de un solo uso, la categoría más representada fueron los “envoltorios de comida” ($n=462$ objetos, 9% del total), seguido de botellas plásticas ($n=269$ objetos, 6% del total) y bolsas plásticas ($n=237$ objetos, 5% del total).

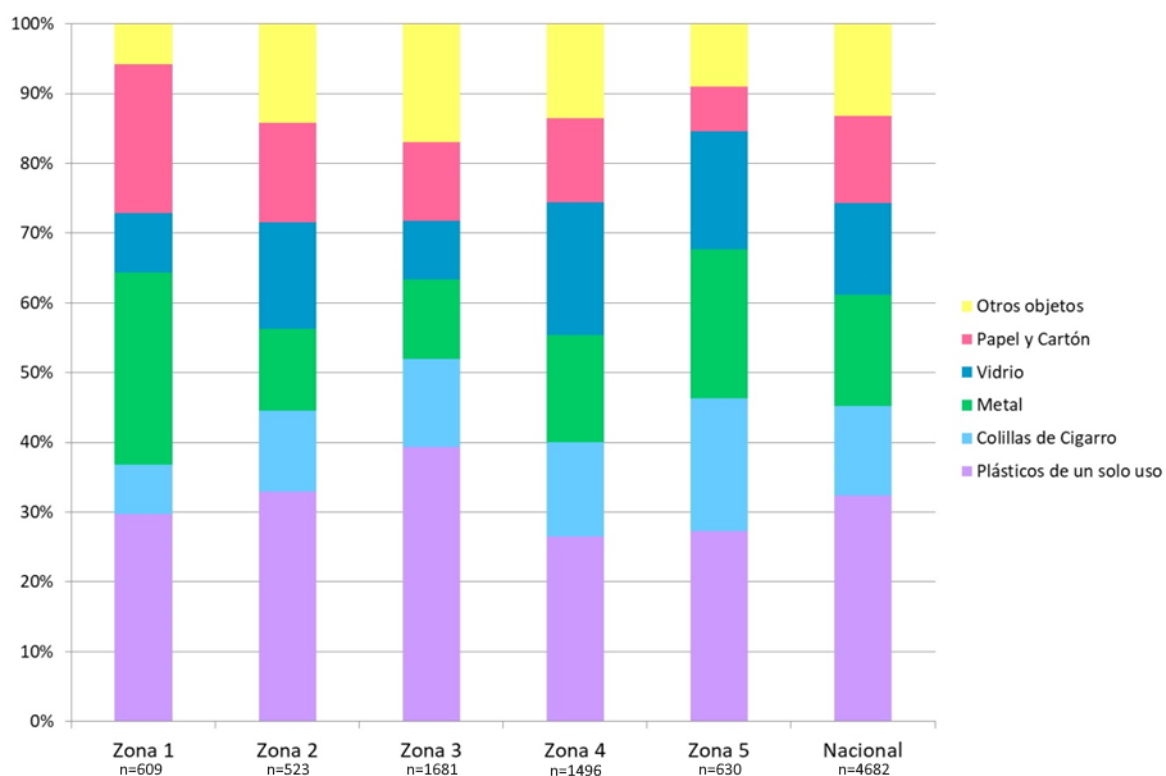


Figura 7: Composición de la basura recolectada y clasificada en las estaciones en promedio por zona y a nivel nacional (n= 4682 objetos clasificados).



Figura 8: Fotografías del detalle de una estación de clasificación de basura (río Mapocho) para validar un conteo.

4.3. Muestreo de microplástico

Las muestras que recolectaron los equipos voluntarios aún deben ser contadas y analizadas de forma rigurosa por *Científicos de la Basura*. Sin embargo, los voluntarios reportaron microplásticos en 16,2% de los sitios (n=37 muestras) (Fig. 9), distribuidos de forma equitativa entre zonas. No se detectaron en la zona 2.



Figura 9: Microplásticos recolectados en 60 minutos en el río Maipo.

4.4. Acumulaciones de basura

En todos los sitios de muestreo (n = 39 sitios) se registraron acumulaciones de basura de algún tipo (Fig. 8). La mayor cantidad de acumulaciones son pequeñas y se hallaron en un 82% de los sitios, al igual que las medianas. Hay presencia de grandes acumulaciones en todas las zonas con una mayor abundancia en las zonas 2 y 3. Estas se reportan en un 72% de los sitios a nivel nacional. En total, 602 acumulaciones fueron fotografiadas y verificadas en un área total de casi 250.000 m², promediando $2,49 \pm 8,04$ acumulaciones por cada 1000 m² de ribera a nivel nacional.

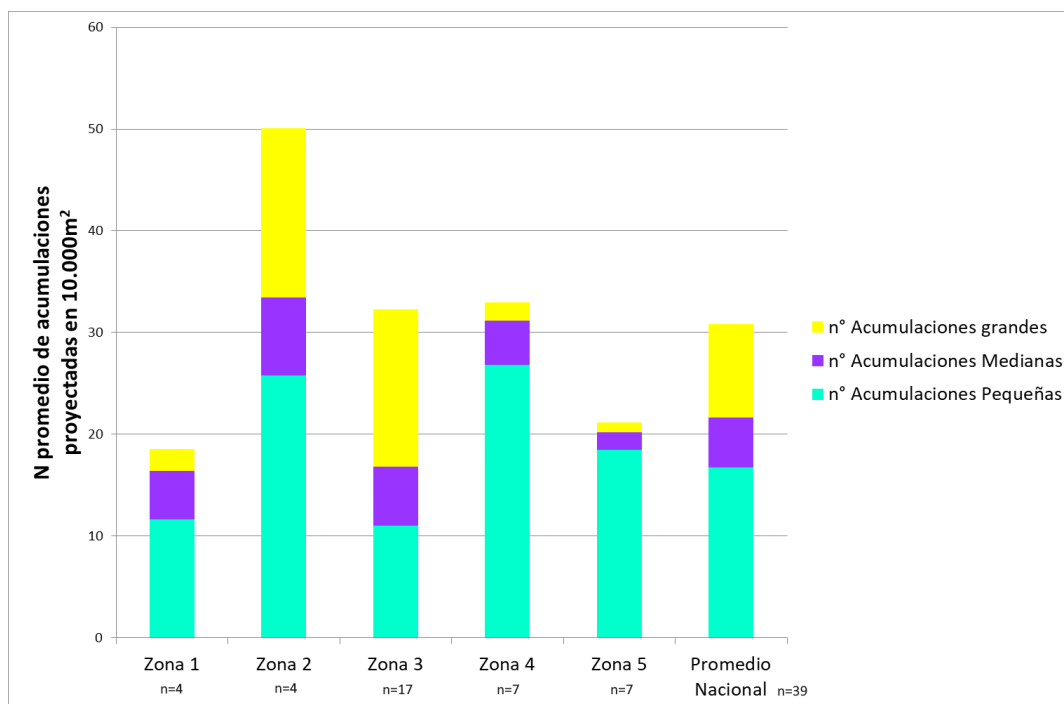


Figura 10: Cantidad de acumulaciones de cada tipo proyectadas a un área de 10.000m² de ribera, en promedio, en cada zona del país y nacional (n=39 sitios)

5. Discusión

Se han realizado hasta la fecha varios estudios de ciencia ciudadana relacionados al impacto de la basura. Aunque la aproximación tenga limitaciones, estas pueden ser tomadas en cuenta, siempre y cuando se apliquen estrategias como capacitación y seguimiento de voluntarios, instrucciones simples, y un sistema de verificación de datos. De esta forma, la calidad de datos obtenidos por voluntarios puede igualar a aquella obtenida por científicos (Kiessling et al., 2019).

5.1. Abundancia de basura en la ribera

El promedio nacional de 1,61 objetos m⁻² es similar al del año 2017 (1,66 objetos m⁻²) reportado por Honorato-Zimmer et al. (2021). Debido a la gran cantidad de factores que pueden alterar este resultado a nivel nacional, se debe estudiar al detalle si una tendencia a la disminución está realmente ocurriendo. Por ejemplo, el río Lluta fue muestreado en 2013 (0,77 obj m⁻²), 2017 (6,81 obj m⁻²), y en 2021 (1,69 obj m⁻²), o el río Biobío (2013 – 2,3 obj m⁻²; 2017 – 1,97 obj m⁻²; 2021 – 2,55 obj m⁻²) no muestran un comportamiento predecible.

Esto puede deberse a la inclusión de nuevos sitios de muestreo en estos ríos. Honorato-Zimmer et al. (2021) reportó que en 2017 la zona 2 presentaba una mayor abundancia de basura m^{-2} que el resto. Pese a que en 2021 fueron las zonas 3 y 4 las que presentaron mayores abundancias en sus riberas, es importante destacar que la zona 2 presentó la mayor cantidad de acumulaciones grandes y totales en promedio (Fig. 8) lo que advierte que los datos presentados en este informe no representan una baja en abundancia total de basura en los ríos de zona 2, sino que la basura se encuentra más bien agregada y acumulada.

Los estudios de Kiessling et al. (2019) de los ríos de Alemania no arrojaron diferencias significativas entre años ni sistemas ribereños debido a la heterogeneidad de los ríos alemanes, lo cual también debe ser considerado un factor para el análisis en Chile (Rech et al., 2015). El promedio nacional de objetos m^{-2} encontrado para Chile es tres veces mayor a lo reportado por Kiessling et al. (2019), posiblemente asociado al nivel de conciencia ambiental de sus habitantes y al manejo integral de la basura que existe en Alemania (Honorato-Zimmer et al., 2021).

Las 59 mascarillas representaron el 0,14% de los objetos recolectados en esta primera actividad y se encontraron en un 34% de los sitios validados, variando entre 0 y 7 mascarillas en los círculos de muestreo. Durante el Muestreo Nacional de playas en 2020, las mascarillas se reportaron también en un 34% de los sitios, y representaban un 0,34% del total de objetos (17 mascarillas). Sin embargo, solo una mascarilla se reportó por sitio de muestreo (Thiel et al., 2021). El número de cuadratas y círculos, así como el número de sitios es similar en ambos estudios, sin embargo en el presente estudio se encontraron 3,5 veces más mascarillas, lo que indica un aumento sustancial de esta problemática.

5.2. Composición de la basura

Al descomponer la basura en sus distintas categorías, se puede observar que los objetos “plásticos de un solo uso” duplican en abundancia general a las otras categorías de desechos. Esto debido a su alta durabilidad y resistencia, así como su masiva producción para múltiples usos (Moore et al., 2008). Esta predominancia plástica en la composición de la basura se ha reportado con anterioridad en otros estudios (Honorato-Zimmer et al., 2021; Kiessling et al., 2019; Rech et al., 2014). Las cinco categorías con más desechos encontrados (“Colillas de cigarro” $n=601$; “Papel y Cartón” $n= 583$; “Latas” $n = 503$;

“Envoltorios de comida” $n = 462$ y “Botellas de vidrio” $n = 456$) nos indican que la mayor parte de la basura en la ribera corresponde a objetos desechables que dejan los visitantes que utilizan el borde de la ribera (Rech et al., 2015).

Schneider et al. (2021), a través de otra aproximación, reportaron que la composición plástica en las costas de Taiwán consistía principalmente en restos de acuicultura y pesca, mientras que en los ríos era principalmente plástico de un solo uso y otras basuras domésticas. Morales-Caselles et al. (2021) clasificaron la basura en 36 sets de datos alrededor del mundo en distintos ambientes. El estudio plantea que la mayor abundancia de residuos en las riberas corresponde a empaques de comida, seguido de bolsas plásticas y envoltorios de comida.

En el caso del presente estudio, dentro de los plásticos, las categorías principales fueron contrastantes. En primer lugar había envoltorios de comida, seguido de botellas plásticas y bolsas plásticas. Este resultado puede indicar que la implementación de la ley que prohíbe el uso de bolsas plásticas comienza a tener un efecto concreto en el ambiente, sin embargo las bolsas aún representan el 5% de los residuos encontrados a nivel nacional. Es preocupante observar que se reportaron mascarillas en un 83% de los sitios, contrastando con las playas de Chile en 2020, donde Thiel et al. (2021) reportan presencia de mascarillas en 34% de las playas muestreadas. Este nuevo desecho no solo representa un daño hacia los ecosistemas, sino que simboliza la falta de prioridad ambiental que ha generado la pandemia de COVID-19, tanto a nivel de políticas públicas, así como en el incremento de la demanda de plásticos de un solo uso para el consumo, por ejemplo de comidas preparadas a través de sistema “delivery” o de fruta empacada en plástico en los supermercados (Silva et al., 2021).

La implementación del muestreo de clasificación masiva de basura será vital hacia el futuro. Una de las categorías prioritarias de la ley REP son los envases y embalajes de comida, cuyas empresas deberán responsabilizarse del desecho generado (www.leyrep.cl/que-es). En enero de 2022 se votó el proyecto de modificación de ley “Chao Colillas”, que prohíbe fumar y dejar colillas a 80 m de cualquier playa o ribera del territorio nacional (<https://senado.cl/chao-colillas-proyecto-quedo-listo-para-su-promulgacion>). Debido al carácter urgente del problema de la basura, se espera que estos proyectos generen un impacto en la abundancia y composición de la basura en el año 2025.

Aunque para que esto realmente ocurra, también iniciativas locales, que combinen a los actores públicos y del sector privado, deben seguir educando y visualizando la problemática (Urbina et al., 2021).

5.3. Acumulaciones de basura

Al menos un tipo de acumulación se encontró en cada sitio de muestreo. Según plantea Rech et al. (2015), las pequeñas acumulaciones (3-10 objetos) pueden ser depósitos intencionales o ser agregadas por fuerzas naturales. Sin embargo, las acumulaciones medianas y grandes son indicadores de vertimientos ilegales. Honorato-Zimmer et al. (2021) reportaron acumulaciones medianas y grandes en un 81% y 73% de los sitios en 2017, respectivamente, lo cual es consistente con los resultados obtenidos en el presente estudio, donde, en las zonas 2 y 3 se encontraron alarmantes cantidades de grandes acumulaciones, 15 y 17 vertederos, respectivamente por zona, en 10.000 m² de ribera extrapolados. Se puede inferir que no ha mejorado la conducta del vertimiento ilegal intencionado de basura en los ríos y que sigue siendo una de las grandes fuentes de desechos en las riberas de Chile (Honorato-Zimmer et al., 2021; Rech et al., 2015). Kiessling et al. (2019) reportaron abundancias de medianas y grandes acumulaciones mucho más bajas en Alemania (43% y 34% de los sitios) y no consideraron los vertimientos ilegales como una fuente considerable de basura en los ríos de este país.

6. Conclusiones

En este estudio se pudo comprobar la evolución del estado de la basura en los ríos Chile. Los resultados son similares a aquellos descritos por Honorato-Zimmer et al. (2021). La abundancia y composición de la basura indican que las grandes fuentes de la basura siguen siendo las personas que utilizan la ribera, y que principalmente desechan objetos de uso cotidiano y doméstico como son papeles, latas, botellas de vidrio y envoltorios de comida. Además, la presencia de grandes acumulaciones indica que la basura es depositada en las riberas de forma intencional en todo el país, cosa que no ocurre en Alemania con la misma prevalencia. Pese a que la conciencia ambiental de los chilenos va en aumento (Cristi et al., 2020), la cantidad de basura encontrado en el borde de los ríos es prácticamente la misma que lo encontrado en los muestreos anteriores (2013 y 2017).

El manejo global de la pandemia de COVID-19 se basa en la utilización de elementos médicos plásticos y desechables, que no solo cambia la percepción respecto al uso de objetos desechables de un solo uso, sino que también cambia las prioridades de la gobernanza y generación de leyes (Urbina et al., 2021). La magnitud del problema de la basura requiere medidas drásticas y urgentes (Leyton et al., 2019). El panorama general es incierto ya que la problemática de la basura debe incluir la transversalidad de actores públicos y privados, locales y nacionales para generar un cambio de conciencia respecto a la basura, y permitir un uso sustentable y respetuoso de las riberas del país.

Considerando la crisis de agua que enfrenta Chile por causa del cambio climático, los ríos juegan un rol crucial para mitigar los impactos provocados por las sequías y la falta del recurso agua. Es por esto que los resultados de este informe son preocupantes porque demuestran un descuido de este recurso fundamental para la vida (consumo directo y riego). Es urgente mejorar la protección de los ríos de Chile para poder enfrentar las sequías que van a aumentar y ser aún más severas en el futuro cercano.

Agradecimientos

El agradecimiento es para todos los equipos voluntarios, que con su esfuerzo y dedicación, permitieron llevar adelante este ejercicio de ciencia ciudadana, que permitió, una vez más, obtener una fotografía del estado de la basura en Chile, comprobando el trabajo que queda por hacer para proteger y preservar los ríos. Muchos de estos equipos voluntarios eran ciudadanos organizados, ayudando a la resistencia y resiliencia, otorgando protección a los espacios ribereños por todo Chile. También a las escuelas y estudiantes secundarios que participaron junto a un profesor capacitado, y pudieron aprender del método científico en terreno.

Agrupaciones voluntarias participantes: *ONG Ecoterra; Agrupación Mujeres y Ríos Libres; ONG Jóvenes Verdes de Buin; Agrupación Mapuko Peñaflor; ONG Ecopumalu; ONG RiostoRivers; Agrupación Antuko Resiste; Agrupación CorallinaCl; ONG Cultiva Puerto Montt; Voluntarios CONAF; Fridays For Future Punta Arenas.*

Escuelas participantes: *Colegio Cerro Guayaquil; Liceo Filidor Gaete Monsalve de Llico; Instituto Alemán Carlos Anwandter*

Referencias

Bergmann, M., Gutow, L., & Klages, M. (2015). *Marine anthropogenic litter* (p. 447). Springer Nature.

Blettler, M. C., Abrial, E., Khan, F. R., Sivri, N., & Espinola, L. A. (2018). Freshwater plastic pollution: Recognizing research biases and identifying knowledge gaps. *Water research*, 143, 416-424.

Bravo, M., Gallardo, M.A., Luna-Jorquera, G., Núñez, P., Vásquez, N., Thiel, M., 2009. Anthropogenic debris on beaches in the SE Pacific (Chile): results from a national survey supported by volunteers. *Mar. Pollut. Bull.* 58, 1718–1726.

Cristi, M. A., Holzapfel, C., Nehls, M., De Veer, D., Gonzalez, C., Holtmann, G., Honorato-Zimmer, D., Kiessling, T., Leyton, A., Narváez, S., Nuñez, P., Sepúlveda, JM., N. & Thiel, M. (2020). The rise and demise of plastic shopping bags in Chile—Broad and informal coalition supporting ban as a first step to reduce single-use plastics. *Ocean & Coastal Management*, 187, 105079.

Espinosa, C., Esteban, M. Á., & Cuesta, A. (2016). Microplastics in aquatic environments and their toxicological implications for fish. In *Toxicology-New Aspects to This Scientific Conundrum*. InTech.

Fuster, R., Escobar, C., Lillo, G., & de la Fuente, A. (2015). Construction of a typology system for rivers in Chile based on the European Water Framework Directive (WFD). *Environmental Earth Sciences*, 73(9), 5255-5268.

Honorato-Zimmer, D., Kiessling, T., Gatta-Rosemary, M., Campodónico, C. K., Núñez-Farías, P., Rech, S., & Thiel, M. (2021). Mountain streams flushing litter to the sea—Andean rivers as conduits for plastic pollution. *Environmental Pollution*, 291, 118166.

Kiessling, T., Knickmeier, K., Kruse, K., Brennecke, D., Nauendorf, A., & Thiel, M. (2019). Plastic Pirates sample litter at rivers in Germany—Riverside litter and litter sources estimated by schoolchildren. *Environmental Pollution*, 245, 545-557.

Larraín, S. (2006). El agua en Chile: entre los derechos humanos y las reglas del mercado. *Polis. Revista Latinoamericana*, (14).

Leyton Muñoz, A., Honorato Zimmer, D., Vásquez Farreaut, N., Thiel, M., & C. Arratia Herrera, 2019. Basura en riberas y cursos de agua dulce: una responsabilidad de todos. In Henríquez Encamilla D. & L. Moncayo Martínez (Eds.): Construyendo realidad: Estudios y propuestas para el desarrollo de la Región de Coquimbo. Instituto de Políticas Públicas, Universidad Católica del Norte, Coquimbo, Chile, pp. 321-344.

Macpherson, E. J., & Salazar, P. W. (2020). Towards a Holistic Environmental Flow Regime in Chile: Providing for Ecosystem Health and Indigenous Rights. *Transnational Environmental Law*, 9, 481-519.

Moore, C. J. (2008). Synthetic polymers in the marine environment: a rapidly increasing, long-term threat. *Environmental research*, 108, 131-139.

Morales-Caselles, C., Viejo, J., Martí, E., González-Fernández, D., Pragnell-Raasch, H., González-Gordillo, J. I., Montero, E., Arroyo, G.M., Hanke, G., Salvo, V., Basurko, O., Mallos, N., Lebreton, L., Echeverría, F., Van Emmerik, T., Duarte, C., Gálvez, J., Van Sebille, E., Galgani, F., García, C., Ross, P., Bartual, A., Loakeimidis, C., Markalain, G., Isobe, A. & Cózar, A. (2021). An inshore–offshore sorting system revealed from global classification of ocean litter. *Nature Sustainability*, 4, 484-493.

Rech, S., Macaya-Caquilpán, V., Pantoja, J. F., Rivadeneira, M. M., Madariaga, D. J., & Thiel, M. (2014). Rivers as a source of marine litter—a study from the SE Pacific. *Marine pollution bulletin*, 82, 66-75.

Rech, S., Macaya-Caquilpán, V., Pantoja, J. F., Rivadeneira, M. M., Campodónico, C. K., & Thiel, M. (2015). Sampling of riverine litter with citizen scientists—findings and recommendations. *Environmental monitoring and assessment*, 187, 1-18.

Salas, I., Herrera, C., Luque, J. A., Delgado, J., Urrutia, J., & Jordan, T. (2016). Recent climatic events controlling the hydrological and the aquifer dynamics at arid areas: The case of Huasco River watershed, northern Chile. *Science of the Total Environment*, 571, 178-194.

Schneider, F., Kunz, A., Hu, C. S., Yen, N., & Lin, H. T. (2021). Rapid-Survey Methodology to Assess Litter Volumes along Large River Systems—A Case Study of the Tamsui River in Taiwan. *Sustainability*, 13, 8765.

Silva, A. L. P., Prata, J. C., Walker, T. R., Duarte, A. C., Ouyang, W., Barcelò, D., & Rocha-Santos, T. (2021). Increased plastic pollution due to COVID-19 pandemic: Challenges and recommendations. *Chemical Engineering Journal*, 405, 126683.

Teuten, E. L., Saquing, J. M., Knappe, D. R., Barlaz, M. A., Jonsson, S., Björn, A., Rowland, J., Thompson R., Galloway, T., Yamashita, R., Ochi, D., Watanuki, Y., Moore, C., Hung Viet, P., Seang, T., Prudente, M., Boonyatumanond, R., Zakaria, M., Akkhavong, K., Ogata, Y., Hirai, H., Iwasa, S., Mizukawa, K., Hagino, Y., Imamura, A., Saha, M. & Takada, H. (2009). Transport and release of chemicals from plastics to the environment and to wildlife. *Philosophical transactions of the royal society B: biological sciences*, 364, 2027-2045.

Thiel, M., de Veer, D., Espinoza-Fuenzalida, N. L., Espinoza, C., Gallardo, C., Hinojosa, I. A., Kiessling, T., Rojas, J., Sanchez, A., Sotomayor, F., Vasquez, N., Villablanca, R., & Villablanca, R. (2021). COVID lessons from the global south—face masks invading tourist beaches and recommendations for the outdoor seasons. *Science of The Total Environment*, 786, 147486.

Viera, J. S., Marques, M. R., Nazareth, M. C., Jimenez, P. C., & Castro, Í. B. (2020). On replacing single-use plastic with so-called biodegradable ones: The case with straws. *Environmental Science & Policy*, 106, 177-181.

Urbina, M. A., Luna-Jorquera, G., Thiel, M., Acuña-Ruz, T., Amenábar Cristi, M. A., Andrade, C., Ahrendt, C., Castillo, C., Chevallier, A., Cornejo-D'Ottone, M., Correa-Araneda, F., Duarte, C., Fernández, C., Galbán-Malagón, C., Godoy, C., Gonzáles-Aravena, M., Hinojosa, I.A., Jorquera, A., Tiessling, T., Lardies, M.A., Lenzi, J., Mattar, C., Munizaga, M., Olguín-Campillay, N., Perez-Venegas, D.J., Portflitt-Toro, M., Pozo, K., Pulgar, J. & Vargas, E. (2021). A country's response to tackling plastic pollution in aquatic ecosystems: The Chilean way. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 31, 420-440.

Williams, A. T., & Simmons, S. L. (1999). Sources of riverine litter: the river Taff, South Wales, UK. *Water, Air, and Soil Pollution*, 112, 197-216.

Wohl, E. E. (2000). *Mountain rivers*. American Geophysical Union.

www.senado.cl/chao-colillas-proyecto-quedo-listo-para-su-promulgacion

www.leyrep.cl/que-es

Anexos

Anexo 1: Ríos muestreados ordenados por zona geográfica

Fecha	Región	Zona	Río	Coordenadas
11-12-2021	Arica y Parinacota	1	Río Lluta	-18.407821669047422, -70.24101534907095
26-11-2021	Atacama	1	Río Copiapó	-27.322290281050922, -70.84274561651762
30-12-2021	Atacama	1	Río Copiapó	-27.376484860743876, -70.33037007829813
08-12-2021	Antofagasta	1	Río Loa	-22.504630623434668, -68.97932828576683
02-12-2021	Antofagasta	1	Río Loa	-21.42778017295373, -70.05424689405352
08-12-2021	Coquimbo	2	Río Limarí	-30.623178614219295, -71.21381707408096
03-12-2021	Coquimbo	2	Río Limarí	-30.59382423426121, -71.17190216244329
09-12-2021	Coquimbo	2	Río Grande	-30.85112029232462, -70.77539582010662
11-12-2021	Coquimbo	2	Río Elqui	-29.894594297858916, -71.25579713115327
	Coquimbo	2	Río Elqui	
12-12-2021	Valparaíso	3	Río Aconcagua	-32.88292605393821, -71.26965921951341
13-12-2021	Valparaíso	3	Río Aconcagua	-32.82365085013836, -70.59344348043238
28-11-2021	Metropolitana	3	Río Angostura	-33.81441589671809, -70.86289646047483
06-01-2022	Metropolitana	3	Río Mapocho	-33.59709654502851, -70.90047030345812
27-11-2021	Metropolitana	3	Río Maipo	-33.626593918475315, -70.57548860173381
12-12-2021	O'Higgins	3	Estero Zamorano	-34.4447213,-71.1029233
18-12-2021	O'Higgins	3	Río Codegua	-34.033652763593864, -70.57158275535102
11-12-2021	O'Higgins	3	Estero La Palmilla	-34.53967798217039, -71.96728772553166
22-12-2021	Maule	3	Río Cauquenes	-35.973817,-72.315899

14-12-2021	Maule	3	Río Claro	239464, 6072436
14-12-2021	Maule	3	Río Claro	254226.35, 6074415.92
14-12-2021	Maule	3	Río Claro	269396.81, 6093460.18
15-12-2021	Maule	3	Estero El Guindo	295116.60; 6052920.93
15-12-2021	Maule	3	Río Lircay	299421.29; 6062745.67
15-12-2021	Maule	3	Río Claro	291981; 6107487
16-12-2021	Maule	3	Río Claro	319251; 6072167
16-12-2021	Maule	3	Río Claro	313593; 6078863
27-11-2021	Ñuble	4	Río Dihuilín	-36.85701,-71.88042
01-12-2021	BioBio	4	Río Carampangue	
07-01-2022	BioBio	4	Río Queco	
29-12-2021	BioBio	4	Río Rucue	-37.34291614111645, -71.7989409845964
29-12-2021	BioBio	4	Río BioBio	-36.840672959349156, -73.07309765560717
07-01-2022	BioBio	4	Río BioBio	-37.67305781248768, -72.00058519892626
21-12-2021	BioBio	4	Río Rarincó	-37.388500, -72.417500
08-12-2021	Araucanía	4	Río Trancura	-39.27320301816818, -71.92284821237233
02-12-2021	Araucanía	4	Río Quillem	-38.46856437850499, -72.42568913092713
16-12-2021	Los Ríos	4	Río Bueno	-40.330290289272995, -72.96708013137815
14-12-2021	Los Ríos	4	Río Calle-Calle	-39.807878285904714, -73.20962572327733
17-12-2021	Los Ríos	4	Río Santo Domingo	-39.91922441974686, -73.10579807011446
27-12-2021	Los Lagos	5	Río Llesquehue	-40.53320439130455, -73.70960074486109
17-12-2021	Los Lagos	5	Río Rahue	-40.6327785,-73.1838957
23-12-	Los Lagos	5	Río Damas	-40.57879653330459, -

2021				73.10353700253141
05-01-2022	Los Lagos	5	Río Chamiza	-41.48246792070625, - 72.84538881534452
26-12-2021	Aysén	5	Río Cochrane	682650 E, 4763541 S
30-11-2021	Magallanes	5	Río San Juan	-53.643315157397105, - 70.95541178100775
27-11-2021	Magallanes	5	Río Las Minas	-53.145942673855544, - 70.97147473262588