



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS
NATURALES
CARRERA DE INGENIERÍA EN MEDIO AMBIENTE
PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Título:

**“DETERMINACIÓN DE MICROPLÁSTICOS EN LA
PRECIPITACIÓN PLUVIAL URBANA DE LA CIUDAD DE LATACUNGA,
PROVINCIA DE COTOPAXI, PERIODO 2020-2021”**

Proyecto de Investigación presentado previo a la obtención del Título de Ingeniera
en Medio Ambiente

Autora:
Saillema Jiménez Diana Maricela

Tutora:
Donoso Quimbita Caterine Isabel Ing. M.Sc.

LATACUNGA – ECUADOR

Agosto 2021

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Diana Maricela Sailema Jiménez, con cédula de ciudadanía No. 1804981734, declaro ser autora del presente proyecto de investigación: “Determinación de microplásticos en la precipitación pluvial urbana de la ciudad de Latacunga, provincia de Cotopaxi, periodo 2020-2021”, siendo la Ingeniera M.Sc. Caterine Isabel Donoso Quimbita, Tutor del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de mi exclusiva responsabilidad.

Latacunga, 14 de agosto del 2021

Diana Maricela Sailema Jiménez

Estudiante

CC: 1804981734

Ing. M.Sc. Caterine Isabel Donoso Quimbita

Docente Tutor

CC: 0502507536

CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR

Comparecen a la celebración del presente instrumento de cesión no exclusiva de obra, que celebran de una parte **SAILEMA JIMENEZ DIANA MARICELA**, identificada con cédula de ciudadanía **1804981734** de estado civil casada, a quien en lo sucesivo se denominará **LA CEDENTE**; y, de otra parte, el Ingeniero Ph.D. Cristian Fabricio Tinajero Jiménez, en calidad de Rector, y por tanto representante legal de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con domicilio en la Av. Simón Rodríguez, Barrio El Ejido, Sector San Felipe, a quien en lo sucesivo se le denominará **LA CESIONARIA** en los términos contenidos en las cláusulas siguientes:

ANTECEDENTES: CLÁUSULA PRIMERA. - **LA CEDENTE** es una persona natural estudiante de la carrera de Ingeniería en Medio Ambiente, titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado “Determinación de microplásticos en la precipitación pluvial urbana de la ciudad de Latacunga, provincia de Cotopaxi, periodo 2021-2022”, la cual se encuentra elaborada según los requerimientos académicos propios de la Facultad; y, las características que a continuación se detallan:

Historial Académico

Inicio de la carrera: Abril 2016 - Agosto 2016

Finalización de la carrera: Abril 2021 – Agosto 2021

Aprobación en Consejo Directivo: 20 de mayo del 2021

Tutora: Ing. M.Sc. Caterine Isabel Donoso Quimbita

Tema: “DETERMINACIÓN DE MICROPLÁSTICOS EN LA PRECIPITACIÓN PLUVIAL URBANA DE LA CIUDAD DE LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI, PERIODO 2020-2021”

CLÁUSULA SEGUNDA. - **LA CESIONARIA** es una persona jurídica de derecho público creada por ley, cuya actividad principal está encaminada a la educación superior formando profesionales de tercer y cuarto nivel normada por la legislación ecuatoriana la misma que establece como requisito obligatorio para publicación de trabajos de investigación de grado en su repositorio institucional, hacerlo en formato digital de la presente investigación.

CLÁUSULA TERCERA. - Por el presente contrato, **LA CEDENTE** autoriza a **LA CESIONARIA** a explotar el trabajo de grado en forma exclusiva dentro del territorio de la República del Ecuador.

CLÁUSULA CUARTA. - **OBJETO DEL CONTRATO:** Por el presente contrato **LA CEDENTE**, transfiere definitivamente a **LA CESIONARIA** y en forma exclusiva los siguientes derechos patrimoniales; pudiendo a partir de la firma del contrato, realizar, autorizar o prohibir:

- a) La reproducción parcial del trabajo de grado por medio de su fijación en el soporte informático conocido como repositorio institucional que se ajuste a ese fin.
- b) La publicación del trabajo de grado.

- c) La traducción, adaptación, arreglo u otra transformación del trabajo de grado con fines académicos y de consulta.
- d) La importación al territorio nacional de copias del trabajo de grado hechas sin autorización del titular del derecho por cualquier medio incluyendo mediante transmisión.
- e) Cualquier otra forma de utilización del trabajo de grado que no está contemplada en la ley como excepción al derecho patrimonial.

CLÁUSULA QUINTA. - El presente contrato se lo realiza a título gratuito por lo que **LA CESIONARIA** no se halla obligada a reconocer pago alguno en igual sentido **LA CEDENTE** declara que no existe obligación pendiente a su favor.

CLÁUSULA SEXTA. - El presente contrato tendrá una duración indefinida, contados a partir de la firma del presente instrumento por ambas partes.

CLÁUSULA SÉPTIMA. - CLÁUSULA DE EXCLUSIVIDAD. - Por medio del presente contrato, se cede en favor de **LA CESIONARIA** el derecho a explotar la obra en forma exclusiva, dentro del marco establecido en la cláusula cuarta, lo que implica que ninguna otra persona incluyendo **LA CEDENTE** podrá utilizarla.

CLÁUSULA OCTAVA. - LICENCIA A FAVOR DE TERCEROS. - LA CESIONARIA podrá licenciar la investigación a terceras personas siempre que cuente con el consentimiento de **LA CEDENTE** en forma escrita.

CLÁUSULA NOVENA. - El incumplimiento de la obligación asumida por las partes en la cláusula cuarta, constituirá causal de resolución del presente contrato. En consecuencia, la resolución se producirá de pleno derecho cuando una de las partes comunique, por carta notarial, a la otra que quiere valerse de esta cláusula.

CLÁUSULA DÉCIMA. - En todo lo no previsto por las partes en el presente contrato, ambas se someten a lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, Código Civil y demás del sistema jurídico que resulten aplicables.

CLÁUSULA UNDÉCIMA. - Las controversias que pudieran suscitarse en torno al presente contrato, serán sometidas a mediación, mediante el Centro de Mediación del Consejo de la Judicatura en la ciudad de Latacunga. La resolución adoptada será definitiva e inapelable, así como de obligatorio cumplimiento y ejecución para las partes y, en su caso, para la sociedad. El costo de tasas judiciales por tal concepto será cubierto por parte del estudiante que lo solicitare.

En señal de conformidad las partes suscriben este documento en dos ejemplares de igual valor y tenor en la ciudad de Latacunga, a los 14 días del mes de agosto del 2021.

Sailema Jiménez Diana Maricela
LA CEDENTE

Ing. Ph.D. Cristian Tinajero Jiménez
LA CESIONARIA

AVAL DE LA TUTORA DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

En calidad de Tutor del Proyecto de Investigación con el título:

“DETERMINACIÓN DE MICROPLÁSTICOS EN LA PRECIPITACIÓN PLUVIAL URBANA DE LA CIUDAD DE LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI, PERIODO 2020-2021”, de Sailema Jiménez Diana Maricela, de la carrera de Ingeniería en Medio Ambiente, considero que el presente trabajo investigativo es merecedor del Aval de aprobación al cumplir las normas, técnicas y formatos previstos, así como también ha incorporado las observaciones y recomendaciones propuestas en la Pre defensa.

Latacunga, 14 de agosto del 2021

Ing. M.Sc. Caterine Isabel Donoso Quimbita

DOCENTE TUTORA

CC: 0502507536

AVAL DE LOS LECTORES DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprobamos el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi; y, por la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales; por cuanto, la postulante: Sailema Jiménez Diana Maricela, con el título del Proyecto de Investigación: “DETERMINACIÓN DE MICROPLÁSTICOS EN LA PRECIPITACIÓN PLUVIAL URBANA DE LA CIUDAD DE LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI, PERIODO 2020-2021”, ha considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de sustentación del trabajo de titulación.

Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga, 14 de agosto del 2021

Lector 1 (Presidente)
Ing. M.Sc. Joseline Ruiz Depablos
CC: 1758739062

Lector 2
Ing. Ph.D. Mercy Lucila Ilbay Yupa
CC: 0604147900

Lector 3
Ing. M.Sc. Kalina Marcela Fonseca Largo
CC: 1723534457

AGRADECIMIENTO

Mi agradecimiento infinito para Dios, por darme la vida y coraje para seguir adelante.

Para ti madre querida que descansas en paz, infinitas gracias por tus enseñanzas, por educarme con valores y sobretodo quiero dar gracias al motor de mi vida, mi padre con su esfuerzo, dedicación y ejemplo; pude culminar con mi trabajo de titulación.

Gracias Infinitas a la Universidad Técnica de Cotopaxi, a mi Directora de proyecto M.Sc. Caterine Donoso, por su conocimiento compartido para la realización del proyecto de investigación.

Diana

DEDICATORIA

La razón por la que la vida me hizo más fuerte, mi principal motivación:
Camila.

Diana

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

**TÍTULO: “DETERMINACIÓN DE MICROPLÁSTICOS EN LA
PRECIPITACIÓN PLUVIAL URBANA DE LA CIUDAD DE LATACUNGA,
PROVINCIA DE COTOPAXI, PERIODO 2020-2021”**

AUTOR: Sailema Jiménez Diana Maricela

RESUMEN

Debido al crecimiento del sector industrial y comercial a nivel mundial y el uso excesivo de los derivados de polímeros, la degradación de estos ha generado la presencia de micropartículas MPs denominadas microplásticos en el agua. Esta investigación pretende proporcionar información sobre la calidad del agua pluvial urbana de la ciudad de Latacunga en cuanto a la presencia de microplásticos para una posterior toma de decisiones orientada a la prevención y remediación de este tipo de contaminantes. La metodología consistió en recopilar muestras de la precipitación urbana en dicha ciudad con la ayuda de pluviómetros artesanales ubicados en siete transectos estratégicos, se colocó dos pluviómetros por cada transecto. La primera ubicación corresponde al centro norte - Río Aláquez, el segundo fue ubicado en la parte nororiental - acequia matriz en la calle Quijano y Ordoñez, tercero y más importante en la parte central - Río Cutuchi, cuarto en la parte centro occidental - Río Pumacunchi, quinto punto en la zona media sur occidental – unión de los Ríos Pumacunchi y Cutuchi, sexto en la zona sur occidental - Río Cutuchi cerca de la quebrada de Taniloma y séptimo y último punto se colocó en la zona sur - límite urbano del cantón Río Illuchi. El tipo de monitoreo fue periódico durante 15 días, con una frecuencia cada dos días; se analizó las muestras cuantitativamente empleando la técnica gravimétrica de sólidos totales suspendidos y cualitativamente empleando la técnica de espectroscopía de infrarrojo (FT-IR), donde los resultados evidencian la presencia de microplásticos derivados del polipropileno (bandas fuertes cercanas a 2950 cm^{-1} , 1460 cm^{-1} y 1380 cm^{-1}) y polietileno (en bandas cercanas a $3190,41\text{ cm}^{-1}$). Además, la concentración de microplásticos en la muestra de agua pluvial es de 18 partículas por litro, lo cual es comparable a los resultados presentados en un estudio reciente en México donde se registró un promedio de 7 a 18 partículas de microplásticos por litro.

Palabras clave: Microplástico, polímero, agua pluvial, espectroscopía de infrarrojo, contaminación ambiental.

TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI
FACULTY OF AGRICULTURAL SCIENCE AND NATURAL RESOURCES

THEME: "DETERMINATION OF MICROPLASTICS IN THE URBAN RAINFALL OF LATACUNGA CITY, COTOPAXI PROVINCE, PERIOD 2020-2021 "

AUTHOR: Sailema Jiménez Diana Maricela

ABSTRACT

Due to the growth of the industrial and commercial sector worldwide and the excessive use of polymer derivatives, their degradation has generated the presence of microparticles MPs called microplastics in water. This research aims to provide information on the quality of urban rainwater in the city of Latacunga in terms of the presence of microplastics for subsequent decision-making aimed at the prevention and remediation of this type of pollutant. The methodology consisted of collecting samples of urban precipitation in said city with the help of artisan rain gauges located in seven strategic transects, two rain gauges were placed for each transect. The first location corresponds to the north center - Río Aláquez, the second was located in the northeastern part - main ditch on Quijano and Ordoñez streets, third and most important in the central part - Río Cutuchi, fourth in the western central part - Pumacunchi River , fifth point in the mid-south-western zone - junction of the Pumacunchi and Cutuchi rivers, sixth in the south-western zone - Río Cutuchi near the Taniloma ravine and the seventh and last point was placed in the south zone - urban limit of the canton Río Illuchi. The type of monitoring was periodic for 15 days, with a frequency every two days; The samples were analyzed quantitatively using the gravimetric technique of total suspended solids and qualitatively using the infrared spectroscopy technique (FT-IR), where the results show the presence of microplastics derived from polypropylene (strong bands close to 2950 cm⁻¹, 1460 cm⁻¹ and 1380 cm⁻¹) and polyethylene (in bands close to 3190.41cm⁻¹). In addition, the concentration of microplastics in the rainwater sample is 18 particles per liter, which is comparable to the results presented in a recent study in Mexico where an average of 7 to 18 microplastic particles per liter was recorded.

Keywords: Microplastic, polymer, storm water, infrared spectroscopy, environmental pollution.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

PORTADA	i
DECLARACIÓN DE AUTORÍA	ii
CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR	iii
AVAL DE LA TUTORA DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN	v
En calidad de Tutor del Proyecto de Investigación con el título:	v
AVAL DE LOS LECTORES DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN	vi
AGRADECIMIENTO	vii
DEDICATORIA	viii
RESUMEN	ix
ABSTRACT	x
ÍNDICE DE CONTENIDOS	xi
1. INFORMACIÓN GENERAL	1
2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO	2
3. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN	3
4. EL PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN	4
5. OBJETIVOS:	5
General	5
Específicos	5
6. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS	5
7. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA	8

7.1 MICROPLÁSTICO	8
7.2 CLASIFICACIÓN DE LOS MICROPLÁSTICOS	9
7.3 CONTAMINACIÓN MICRO PLÁSTICA DE LOS ECOSISTEMAS ACUÁTICOS	10
7.4 PRESENCIA DE MICROPLÁSTICOS EN EL AGUA	11
7.5 TRANSPORTE DE LOS MICROPLÁSTICOS EN EL AIRE	12
7.6 DEGRADACIÓN AMBIENTAL DE LOS MICROPLÁSTICOS	12
7.7 DAÑOS QUE GENERAN LOS MICROPLÁSTICOS	15
7.8 TÉCNICAS PARA DETECTAR LA PRESENCIA DE MICROPLÁSTICOS EN EL AGUA	16
A). TÉCNICA DE LA ESPECTROSCOPIA DE INFRARROJO CON TRANSFORMADA DE FOURIER (FT-IR)	16
B) TÉCNICA DE LA ESPECTROSCOPIA DE INFRARROJO CON TRANSFORMADA DE FOURIER DE REFLECTANCIA TOTAL ATENUADA (FT-IR) con (ATR)	18
C). TÉCNICA DE SÓLIDOS SUSPENDIDOS (TSS)	19
D). TÉCNICA DE ESPECTROSCOPIA RAMAN	20
7.9 TIPOS DE PLÁSTICOS UTILIZADOS EN INVERNADEROS:	20
8. MARCO LEGAL	21
9. VALIDACIÓN DE LA PREGUNTA CIENTÍFICA	23
10. METODOLOGÍA	23
10.1. ELABORACIÓN DE LA ESTRATEGIA DE MONITOREO	23
10.1.1 Criterios para la selección de los transectos a monitorear	23
10.1.2. Limitaciones a considerar durante el monitoreo	24
10.1.3 Herramientas para la ubicación geográfica de los transectos	24
10.2. PROCEDIMIENTO PARA LA TOMA DE MUESTRAS	24
10.2.1 RECOLECCIÓN DE MUESTRAS	25
10.2.2. PROCEDIMIENTO DE TOMA DE MUESTRAS	26

10.2.3 Manipulación y preservación de la muestra	27
10.3 CUANTIFICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE LOS MICROPLÁSTICOS	27
10.3.1 CUANTIFICACIÓN POR LA TÉCNICA DE SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES (TSS)	27
10.3.1.1 PREPARACIÓN DEL FILTRO	27
10.3.1.2 OBTENCIÓN DE TSS	28
10.3.1.3 DETERMINACIÓN CÁLCULO DEL TSS	28
10.4 ESPECTROSCOPIA FT-IR	28
10.4.1 CARACTERIZACIÓN POR LA TECNICA DE ESPECTROSCOPIA DE INFRARROJO FT-IR	29
10.4.2 PREPARACIÓN Y ANÁLISIS DE LA MUESTRA	29
10.4.3 ANÁLISIS DE LA MUESTRA	30
11. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	30
11.1. ANÁLISIS DE RESULTADOS	30
11.2. ESTRATEGIA DE MONITOREO DE PRESENCIA DE MICROPLÁSTICOS	32
11.2.1. DETERMINACIÓN DE SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES (TSS)	32
11.3 ESPECTROSCOPIA INFRARROJA FT-IR	34
12. IMPACTOS (TÉCNICOS, SOCIALES, AMBIENTALES O ECONÓMICOS)	36
12.1 Impactos Técnicos	36
12.2 Impactos Sociales	36
12.3 Impactos ambientales	36
12.4 Impactos económicos	36
13. PRESUPUESTO PARA LA PROPUESTA DEL PROYECTO:	37
14. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	38
14.1 CONCLUSIONES	38
14.2 RECOMENDACIONES	39

15. BIBLIOGRAFÍA	40
ANEXOS	48
ANEXO 1: Fabricación de pluviómetros artesanales.	49
ANEXO 2: Registro fotográfico de colocación de pluviómetros artesanales en diferentes puntos de muestreo.	50
ANEXO 3: Recolección de muestras.	52
ANEXO 4: Mapa zona urbana de la ciudad de Latacunga	54
ANEXO 5: Informe de resultados- Espectroscopia Infrarrojo FT-IR*	55
ANEXO 6: Aval de Traducción	56

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Beneficiarios del proyecto	4
Tabla 2: Matriz de actividades por objetivos.....	8
Tabla 3: Clasificación de los microplásticos acuáticos por su tamaño	9
Tabla 4: Longitud de onda para distintos rangos en el infrarrojo.....	29
Tabla 5: Ubicación de los siete transectos en la ciudad de Latacunga	31
Tabla 6: Superficie de área de Monitoreo	32
Tabla 7: Resultados del análisis de laboratorio	33
Tabla 8. Bandas representativas de los espectros FT-IR de muestras de microplásticos	35
Tabla 9: Presupuesto.....	37

ÍNDICE DE FIGURAS

Ilustración 1: Vías de degradación de polímeros sintéticos en el medio acuático	13
Ilustración 2: Espectro simple de un linfocito circulante de rata, obtenido en un microscopio IR, acoplado a un espectrómetro de FT-IR.	17

Ilustración 3:Reflexión de las bandas de los grupos funcionales de las sustancias inorgánicas y orgánicas.....	18
Ilustración 4:Tipos de invernaderos.....	21
Ilustración 5:Elaboración pluviómetro artesanal	25
Ilustración 6:Pluviómetro artesanal	26
Ilustración 7:Ubicación de los puntos de muestreo en la ciudad de Latacunga	31
Ilustración 8:Espectroscopia Infrarrojo FT-IR	34

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1: Fórmula determinación de TSS	32
--	----

1. INFORMACIÓN GENERAL

Título del Proyecto:

Determinación de microplásticos en la precipitación pluvial urbana de la ciudad de Latacunga, provincia de Cotopaxi, periodo 2021-2022

Fecha de inicio.

Noviembre 2020

Fecha de finalización.

Agosto del 2021

Lugar de ejecución.

Provincia de Cotopaxi, Cantón Latacunga, Parroquia Eloy Alfaro, Salache, Campus CEASA

Facultad y carrera que auspicia.

Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales- Carrera de Ingeniería en Medio Ambiente.

Proyecto de investigación vinculado.

Plan estratégico para sostenibilidad institucional Utecina

Nombres de equipo de investigadores.

Tutora de titulación: MSc. Caterine Donoso

Autora:

Sailema Jiménez Diana Maricela

Lectores.

- Ing. MSc. Ruiz Depablos Joseline
- Ing. Ph.D. Ilbay Yupa Mercy Lucila

- Ing. MSc. Fonseca Largo Kalina Marcela

Área de Conocimiento:

Ambiente

Línea de investigación.

Análisis, conservación y aprovechamiento de la biodiversidad local.

Sub líneas de investigación de la Carrera:

Manejo y Conservación del Recurso hídrico.

Línea de vinculación de la carrera:

Gestión de recursos naturales, biodiversidad, biotecnología y genética, para el desarrollo humano y social.

2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

Los perjuicios que pueden ocasionar los microplásticos llegan incluso a desencadenar en la mortalidad inmediata y progresiva de los seres vivos, comenzando desde los unicelulares a pluricelulares asociados a la cadena trófica; por otra parte ciertas investigaciones han determinado que incluso pueden provocar la muerte de diferentes animales marinos a causa de la obstrucción del tracto intestinal, la inhibición de la secreción de la enzima gástrica, la reducción de los estímulos a la alimentación, disminución de los niveles de hormonas esteroides (Azzarello & Vleet, 1978).

Los ecosistemas acuáticos son parte fundamental para que exista vida en el planeta tierra; son la fuente principal de varios servicios ecosistémicos. Actualmente no se cuenta con procesos de saneamiento para el agua contaminada con microplásticos, no están implementadas tecnologías para la eliminación de microplásticos ya que al tener un tamaño microscópico los métodos convencionales como la filtración no pueden retener estos materiales y serán conducidos a mares, océanos y otros cuerpos de agua dulce y marina (Marson, *et al.*, 2018). Es importante mencionar que la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA, por sus siglas en inglés) en una

declaración: “Presence of microplastics and nanoplastics in food with particular focus on seafood” resalta que es importante continuar indagando sobre el tema, principalmente analizar y estudiar químicamente los alimentos que provienen del mar ya que actualmente estos se entran con un gran porcentaje de toxicidad que sin duda alguna perjudica a la salud del ser humano, problema muy importante que está atravesando actualmente la sociedad (EFSA, 2016).

La identificación de microplásticos en agua pluvial es necesaria para evaluar el grado de contaminación ambiental y seguridad alimentaria. Esta información resulta útil para la toma de decisiones a favor de preservar la salud de los seres humanos que se benefician de este recurso. Los microplásticos son capaces de acumular, absorber y trasladar sustancias químicas adversas a la salud por medio del agua, en tal virtud, es indispensable contar con sistemas analíticos que permitan identificar, caracterizar y determinar la presencia de partículas microplásticas en muestras ambientales, en este caso en las muestras de agua residual (Sierra, *et al.*, 2018).

En la presente investigación se analizó la presencia de microplásticos en el agua pluvial urbana de la ciudad de Latacunga, ya que el agua al ser un elemento primordial para todos los seres vivos en sus diferentes ecosistemas y tener varios usos como agua de regadío, uso industrial y para consumo humano es necesario conocer si presenta o no contaminación por estas micropartículas, de este modo en posteriores investigaciones será posible generar propuestas de remediación o prevención en caso de encontrar estos materiales en las muestras analizadas. En definitiva, el análisis e interpretación de los resultados obtenidos en este proyecto de investigación dará lugar al desarrollo de nuevas tecnologías o una combinación de las convencionales para fomentar la remediación o mitigación de la contaminación microscópica en el agua pluvial. Con el tiempo se generarán propuestas de solución a esta problemática, mientras tanto es importante tomar conciencia sobre la gestión de residuos sólidos, implementar nuevas técnicas y métodos de gestión para los desechos industriales propendiendo al desarrollo sostenible sin contaminación de uno de los recursos más importantes como el agua.

3. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

En la tabla 1 se observa el número de beneficiarios directos del presente proyecto de investigación que corresponden al número de habitantes del área urbana del cantón Latacunga

Tabla 1.*Beneficiarios del proyecto*

Habitantes de cantón Latacunga

(área urbana)

Hombres 24888

Mujeres 26801

Total 51689

*Fuente: (Vera, 2010)***4. EL PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN**

A nivel mundial se ha determinado la existencia de microplásticos en los sistemas marinos (Auta et al., 2017; Zhao et al., 2015), por lo tanto, la contaminación del agua con microplásticos es un problema ambiental y humanitario global. El agua utilizada para regadío no tiene un tratamiento adecuado y los alimentos contaminados son consumidos por los seres vivos, perjudicando así la salud de los mismos, con graves consecuencias en algunos casos como la muerte.

En la actualidad los derivados del petróleo son de uso común y diario, que a nivel mundial esta libertina y gigantesca utilización se ha convertido en un monstruo inerte que daña diversos ecosistemas, en el caso de este tema el agua pluvial. En el año 2012 se obtuvieron reportes que marcan una cantidad de 288 millones de toneladas generadas por desechos exclusivamente de plástico (PlasticEurope, 2012).

Los efectos de la contaminación acuática por presencia de desechos plásticos se han detectado desde inicios de la década de los años 60, estos desechos representan una amenaza en crecimiento hasta la actualidad. Thompson *et al.*, (2004) informa que la principal generación de estos desechos es a nivel continental y que son transportados por cauces naturales tales como ríos, acequias, tuberías entre otros, para desembocar en mares y océanos (Castañeda, *et al.*, 2014). Otro de los inconvenientes de causados por los desechos plásticos es que obstaculizan el desliz de los nutrientes para que puedan ser absorbidos por la vegetación debido a que tienen la propiedad de acoplarse formando una especie de humus artificial (Qi, *et al.*, 2018). Las sustancias asociadas a los microplásticos como aditivos, tal es el caso del cloro, degradan la calidad del agua ya que los lixiviados que se generan pueden alcanzar concentraciones tóxicas para los seres vivos.

Las partículas refinadas son altamente peligrosas debido a su gran área de superficie y su cualidad para acceder en las zonas interiores (Brauer, 2000). No solo la salud se ve afectada, evidentemente las PM puede afectar también al clima mediante la dispersión e intercepción en la constitución de las nubes (Navarro, 2010)

Este problema conlleva a la investigación de nuevos métodos confiables y aplicables en nuestro medio para la determinación cuantitativa y cualitativa de MPs en el agua proveniente de la precipitación pluvial, misma que cumple un papel fundamental para la vida de todos los seres del mundo. El desconocimiento de la presencia de microplásticos en las vías acuáticas podría afectar seriamente la vida de la flora y fauna, principalmente por su uso en la agricultura (SENAGUA, 2012)

5. OBJETIVOS:

General

- Determinar la presencia de microplásticos en la precipitación pluvial urbana de la ciudad de Latacunga, provincia de Cotopaxi, periodo 2020-2021.

Específicos

- Diseñar una estrategia de monitoreo de presencia de microplásticos en la precipitación pluvial urbana de la ciudad de Latacunga.
- Cuantificar la cantidad de microplásticos en un volumen determinado de muestra.
- Caracterización de los microplásticos presentes en un volumen determinado de muestra.

6. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS

Tabla 2.*Matriz de actividades por objetivos*

OBJETIVOS	ACTIVIDADES	METODOLOGÍA	RESULTADOS
OE1. Diseñar una estrategia de monitoreo de presencia de microplásticos en la precipitación pluvial urbana de la ciudad de Latacunga.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Identificación de transectos a nivel urbano 2. Elaboración de instrumentos para muestreo. 3. Implantación de pluviómetros artesanales 2 por cada transecto de monitoreo 4. Monitoreo de las muestras según la frecuencia de precipitación. 	<p>Técnica:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Identificar los puntos de muestreo. <p>Instrumentos:</p> <p>GPS</p> <p>Pluviómetros artesanales</p> <p>Cámara fotográfica</p> <ol style="list-style-type: none"> 2. Observación de campo <p>Se realizó una georreferenciación del sitio para identificar los transectos a utilizar en la zona urbana de la ciudad de Latacunga.</p> <ol style="list-style-type: none"> 3. Elaboración de Pluviómetros artesanales. 4. Recolección de muestras. Una vez recolectadas para el análisis en el laboratorio. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Georreferenciación 2. Volumen de agua pluvial incorporada en 14 pluviómetros artesanales con altura pluviométrica de 7 a 10 mm respectivamente por transectos 3. Muestras
OE2. Cuantificar la cantidad de microplásticos en un volumen determinado de muestra.	Presencia de microplásticos en el agua lluvia de 20 a 29 miligramos por mililitro de agua, respectivamente con cada muestra según el transecto.	<p>Técnica:</p> <p>Cuantificación de MPs mediante STT</p> <p>Preparación del filtro</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Lavar 45µm filtros con 20-30 ml de agua desionizada para remover cualquier sólido que haya quedado del proceso de fabricación. ● Colocar los filtros en sus propios recipientes de aluminio, secándolos por 30 minutos en un horno de 104 °C. 	Modelos matemáticos de laboratorio, relaciones porcentuales de peso y volúmenes de las muestras de agua con la presencia de microplásticos.

- Colocar en un desecador el filtro y recipiente, y se pesan.
- Repetir varias veces para obtener el peso promedio del filtro y el recipiente.

Obtención de TSS

- Filtrar una muestra de 100 ml usando el filtro preparado en el paso previo.
- Poner cada filtro en su propio recipiente de aluminio secar cada uno en un horno por una hora a 104 °C.
- Enfriar el filtro y el recipiente en un desecador y pesar. Repetir este paso hasta obtener el peso promedio de TSS.

Materiales:

Ficha de campo

Instrumentos:

GPS

Cámara fotográfica

Horno

Desecador

<p>OE3.Caracterización de los microplásticos presentes en un volumen determinado de muestra.</p>	<p>● Análisis de laboratorio</p>	<p>Técnica: Caracterización de los microplásticos mediante FT-IR.</p>	<p>Se evidencia la presencia de microplásticos en la muestra analizada.</p>
		<p>Preparación y análisis de la muestra sólida</p>	
		<ul style="list-style-type: none"> ● Realizar la pastilla de la muestra con bromuro de potasio ● Una vez finalizado el proceso de macerado se deberá llevar a la prensa 	

-
- La pastilla se ubicará en el porta muestra, este a su vez será introducido en la celda del equipo de infrarrojo
 - Finalmente se obtendrá el espectro de la muestra analizada en el software

Elaborado por: Diana Sailema, 2021

7. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA

7.1 MICROPLÁSTICO

Al hablar de microplásticos previo a su definición es preciso preguntarse el objeto de un significado, si es para un análisis e intervención urgente ante los problemas que esta palabra causa por los hechos de contaminación al medio ambiente. Aquello tendrá un mayor peso legal, seguro y equitativo entre los sectores comercial, industrial y residencial al momento de realizar algún tipo de monitoreo que permita evaluar las medidas que se deben tratar ante una contaminación ambiental. Un correcto significado de aquello debe ser acertado sin dejar vacíos y teniendo criterios justos en cuanto al tamaño, volumen y calidad de estas micropartículas plásticas que se están tratando.

(Thompson R. O., s.f.) recalcaron en un inicio el término microplástico para describir el acopio de minúsculos trozos de plástico conformados derivados del petróleo que a su vez se convierten en polímeros, así como el nylon, polipropileno, cloruro de polivinilo, entre otros, estos sedimentados en las aguas europeas, estos que posteriormente originarán MPs debido a su degradación. (Sarria & Gallo, 2016). En 2008, la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica (NOAA) manifiesta que partículas derivadas de polímeros menores a 5mm pueden ser denominado como MPs (Arthur, Baker, & Bamford, 2008)

7.2 CLASIFICACIÓN DE LOS MICROPLÁSTICOS

La contaminación por desechos microscópicos de poliuretano en ecosistemas acuáticos como consecuencia se obtiene una clasificación de MPs de acuerdo al tipo de fuente del cual proviene, pudiendo ser primarios o secundarios (Gregory, 1996)

Un micro plástico se puede identificar por su tamaño microscópico en forma de micro esfera con un diámetro menor a 500μ , mismos que yacen en mercaderías de uso para la belleza, cuidado personal y también en envolturas de medicamentos farmacéuticos, la mayor parte de ellos en su contenido intrínseco con material en forma de microperlas de propileno y polietileno, que ya al ser ocupados y desechados llegan a diferentes partes del medio ambiente por recorrido pluvial en cauces naturales (Rojo & Gallo, 2006).

Por otra parte, existe otro tipo de microplástico denominado secundario este que se genera por la degradación más grande de desechos plásticos provenientes de vías mecánicas o foto oxidativas, los mismos que llegan al medio por una pésima gestión de desechos. (Rojo & Montoto, 2017). En el cuadro se especifica la clasificación de microplásticos de acuerdo a las dimensiones que estos presentan:

Tabla 3.

Clasificación de los microplásticos acuáticos por su tamaño

Prefijo	Clase tamaño	Rango de tamaño	Fuente
micro	Nanoplástico	$<0.2 \mu\text{m}$	(Wagner, 2014)
	Microlitter	~ 0.06 a $0.5 \mu\text{m}$	(Gregory, 2003)
	Microplástico	$<0.5 \mu\text{m}$	(Arthu, 2008)
	Micro desechos	$<2 \mu\text{m}$	(Lechner, 2014)
	Microplástico pequeño	$<1 \mu\text{m}$	(Vianello, 2013)
	Microplástico grande	$1-5 \mu\text{m}$	(Galgani, 2013)

Fuente: (Rojo & Montoto, 2017)

Otras clasificaciones del plástico, en función de su tamaño, los separan en medidas muy diferenciadas. De mayor a menor tamaño se distinguen: los macrolásticos, mesoplásticos, microplásticos y nanoplásticos. Los últimos normalmente se definen como un tipo de microplástico menor de 1 μm (una milésima parte de un milímetro). Este hecho dificulta la comparación de resultados entre las investigaciones sobre los impactos de cada uno de ellos. (Villashañay, 2020)

Los microplásticos y nanoplásticos se dividen en dos categorías, primarios y secundarios, según su origen. Los primarios son aquellos que se han fabricado directamente en ese tamaño. Ejemplo de ello son las conocidas microesferas presentes en muchas pastas de dientes, exfoliantes o detergentes, y multitud de otros productos de uso industrial y agrícola, que llegan directamente a ríos, embalses y mares, a través del aire, del desagüe o por arrastre con la lluvia. Los secundarios son los que derivan de productos de mayor tamaño, que se han degradado por su exposición a la luz ultravioleta, el viento, el agua y/o microorganismos. Llegan al medio natural por su abandono o mala gestión del residuo que los ha originado. (Delgado, 1995)

7.3 CONTAMINACIÓN MICRO PLÁSTICA DE LOS ECOSISTEMAS ACUÁTICOS

La relación que el plástico ha generado con la humanidad ha sido tan estrecha que se considera ya dependiente, puesto que la facilidad que este material brinda en formas diferentes ya sean estos envases, sobres, envolturas, materiales de construcción, utensilios de cocina, utensilios de belleza, entre muchos más (Andrady A. &., 2009). Desde el año 2014 y progresivamente en aumento hasta la actualidad se ha detectado una fabricación mundial de diversos materiales de plásticos por encima de los trescientos millones de toneladas. (Valencia Muñoz, 2014).

En consecuencia, de una pésima gestión de residuos sólidos principalmente plásticos una gran cantidad de estos desechos ingresa y daña el ambiente acuático en todos sus estados (Barnes, *et al.*, 1985-1998). Incluyendo todos los hábitats marinos desde el más pequeño hasta los mares y océanos (Derraik, 2002). La precipitación pluvial puede ser un medio de transporte fácil para los MPs puesto que, por gravedad, velocidad y presión, los conducen a las zonas más bajas del planeta como son mares y océanos (Schmidt, *et al.*, 2007). A nivel de tierra firme urbana los desechos son acumulados en zonas cercanas a ríos de agua dulce que sirven de transporte para estas micropartículas (Jambeck, *et al.*, 2015). Coincidiendo con lo mencionado anteriormente se estimó

que del 3 al 19 % de los desechos microscópicos derivados de polímeros llegan fácilmente a su destino con ayuda de la precipitación pluvial (Lebreton, *et al.*, 2017). El fin de yacimiento de los desechos plásticos puede variar según las condiciones intrínsecas del material. La degradación de estos materiales, así como la acumulación y el trayecto pueden ser diferentes de acuerdo a sus condiciones de formación. La caracterización de polímeros es fundamental para avanzar con el desarrollo de acuerdo al destino y efecto de un MPs de acuerdo a sus propiedades, un ejemplo de ello es el cambio que sufre el agua en su densidad por la presencia de estas partículas. (Schwarz & Van Emmerik, 2019).

7.4 PRESENCIA DE MICROPLÁSTICOS EN EL AGUA

De toda la acumulación de MPs una parte de los desechos plásticos en los ríos y océanos se producen en la tierra, que son conducidos gravitacionalmente por sus cauces, producto de las precipitaciones (Jambeck, *et al.*, 2015). Los residuos que yacen en océanos son producto de un trayecto por corrientes de viento y corrientes superficiales (Eriksen, *et al.*, 2014). Al haber encontrado este tipo de desechos en los océanos genera en cierto grado un interés de verificar las zonas subtropicales donde se ha verificado la concentración en abundancia de MPs en aguas superficiales, siendo una de las 5 zonas más importantes con acumulación de desechos plásticos. (Cózar *et al.*, 2014). Se dice que el Océano Pacífico Norte, es denominado “El Gran Parche de Basura del Pacífico”, que transporta al menos 129 mil toneladas de desechos plásticos y aun se va incrementando significativamente conforme pasa el tiempo (Lebreton, *et al.*, 2018). La cotidianidad del ser humano es la promotora del yacimiento de desperdicios microplásticos en los sistemas de agua, por el hecho de representar un factor directamente proporcional con el crecimiento de la densidad poblacional urbanista, el tratado de desecho y de aguas residuales (Best, 2019). Los desperdicios plásticos entre otros, se integran en los sistemas fluviales mediante procesos de evacuación natural o directamente incorporado; hablando naturalmente por el viento o escorrentías producidas por precipitaciones (Bruge *et al.*, 2018). Últimamente se han muestreado aguas de ríos superficiales de diferentes sitios y en Europa, los análisis determinaron que el río Danubio libera de quinientos treinta a mil quinientas toneladas de plástico anualmente al Mar Negro (Van der Wal *et al.*, 2015). Este último proyecto también dio a conocer grandes acumulaciones de MPs desde 1.60 mg por m³ hasta 1.73 p por m³ y esto sucede luego de grandes precipitaciones pluviales.

Los ríos Elqui, Maipo, Biobio y Maule de Chile, concentran una cantidad de MPs de 0.05 a 0.74 p por m³, esta información gracias a pruebas científicas, que por otra parte se han identificado grandes depósitos de desechos en las orillas de estos ríos (Rech *et al.*, 2015). En 2014, Desforges junto con otros identificaron una gran cantidad de MPs al norte del océano Pacífico y también en las costas de Columbia Británica donde se identificaron un yacimiento y acumulación de 9200 p/m³, El plástico estando en los ríos se relaciona directamente por factores hidráulicos como el calado de agua, velocidad del fluido y descarga. (Van Emmerik *et al.*, 2018). El incremento del calado de agua proporciona el trayecto de micro partículas las mismas que se acumulan por un cierto tiempo en las riberas y zonas de vegetación este último también por el desbordamiento de ríos por tormentas (Van Emmerik *et al.*, 2019). Cabe mencionar que las estructuras hidráulicas funcionan como sumideros de estas partículas plásticas (Lebreton *et al.*, 2017).

7.5 TRANSPORTE DE LOS MICROPLÁSTICOS EN EL AIRE

El tiempo de residencia de la partícula en la atmósfera y en la posterior lluvia atmosférica repercute en la precipitación, el viento, las condiciones locales y principalmente el tamaño de partículas; resultando la acumulación por gravedad de grandes partículas tras la nucleación (Dris, 2015); (Navarro, 2010). Los polímeros de bajas densidades suelen ser leves y estos son arrastrados por acción del viento, incrementando la contaminación en medios terrestres y acuáticos (Rillig, 2017) Al estar bajo condiciones atmosféricas desfavorables como la variación de velocidad del viento, se ve limitada debido a la exposición a grandes aglomeraciones.

7.6 DEGRADACIÓN AMBIENTAL DE LOS MICROPLÁSTICOS

La degradación del plástico se considera significativamente baja, por lo que este material permanece durante un largo y extenso periodo en los ecosistemas y medio ambiente y se convierten en partículas muy resistentes por el tipo de derivado y tratado industrial que poseen.

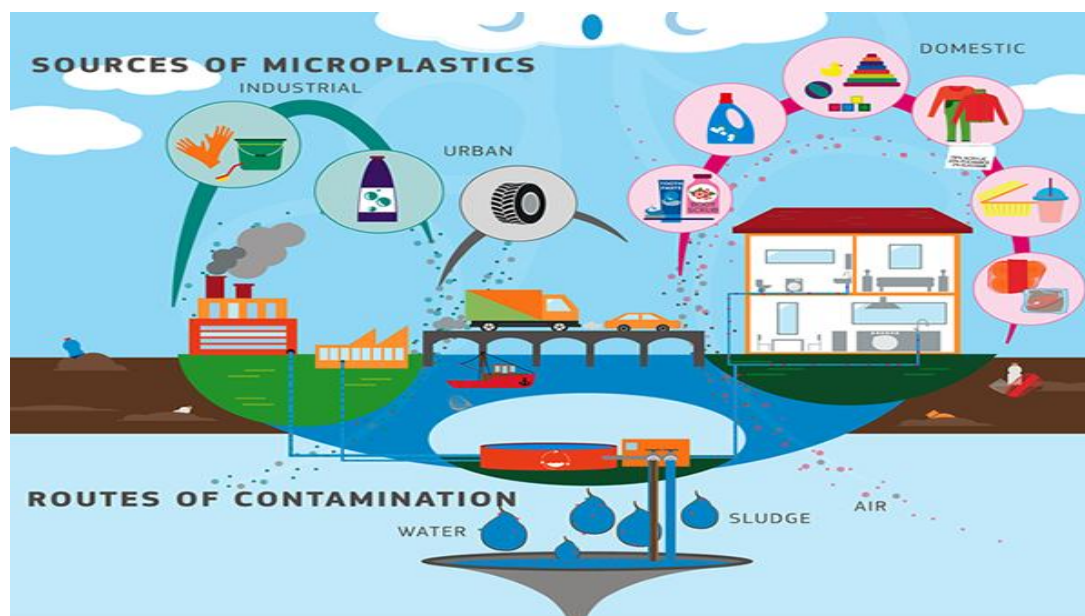
Mientras sucede el proceso de descomposición de este material aparecen micro partículas y formas de oligómeros y monómeros que definitivamente se mineralizarán en su totalidad (Eubeler, *et al.*, 2009). Estos procesos de descomposición más importantes se pueden identificar como:

- Degradación física (fuerzas abrasivas, calentamiento / enfriamiento, congelación / descongelación, humectación / secado)
- Foto degradación (generalmente por luz UV)
- Degradación química (oxidación o hidrólisis)
- Biodegradación por organismos (bacterias, hongos, algas)

La influencia en el medio ambiente acuático con respecto al proceso de degradación o descomposición mecánica de polímeros y descomposición química en aditivos constituye un factor importante, puesto que el cambio de las propiedades de estos materiales durante este proceso conforma el inicio de su fragilidad, donde posteriormente se troza en muy pequeñas partículas por esfuerzos de fricción que se producen durante la trayectoria a diferentes ecosistemas y medio ambiente (Kooi, *et al.*, 2018). La descomposición más rápida de un derivado de polímero por una mayor reactividad conlleva a un decremento en el tamaño del MPs por la descomposición mecánica (Lambert & Wagner, 2016).

Figura 1.

Vías de degradación de polímeros sintéticos en el medio acuático



Nota. El grafico representa Vías de degradación de polímeros sintéticos en el medio acuático con procesos de degradación implicados y cursos intermedios hasta la mineralización completa.

En los ecosistemas acuáticos cuando la temperatura ambiental es normal, los materiales plásticos sintéticos no se ven muy afectados en cuanto a cambios químicos o transformación de la materia, es decir la descomposición térmica o afecta considerablemente a ecosistemas de agua dulce. (Anderson & Freeman, The kinetics of the thermal degradation of polystyrene and polyethylene., 1961). El deterioro molecular de plásticos o materiales sintéticos en el medio inicia su labor por fotooxidación con radiación ultra violeta o por hidrólisis donde culmina esta acción de transformación en oxidación química. (Andrady A. L., Microplastics in the marine environment., 2011). La variedad de compuestos en materiales polímeros, tales como, las poliolefinas, poliamidas, poliésteres, entre otros, han dado lugar a una diferenciación temporal y cualitativa de la degradación de estos materiales. Después de la primera etapa de degradación, el peso molecular del material disminuye y están sujetos a una descomposición microbiana. Un proceso más rápido de descomposición tiene la fotooxidación, esto sucede porque la extensión de aditivos en el polímero provocaría una oxidación. La descomposición del plástico en ambientes terrestres es más rápida que la fotodescomposición de este material en ambientes acuáticos. (Andrady, *et al.*, 1993). Por esto hay que tener muy en cuenta que este material puede yacer por varias décadas en el agua y sus ecosistemas afines. Por otra parte, es preciso mencionar que la degradación del plástico puede generarse en ambientes aerobios y anaerobios. El vector de descomposición de estos derivados en CO₂, H₂O, N₂, H₂, CH₄, sales, minerales y mineralización puede ser total o parcial (Grima, *et al.*, 2000). La descomposición parcial o inicial de un polímero tiene como efecto transformaciones estables o temporalmente estables, por lo que la biodegradación se combina en tres aspectos fundamentales:

- Deben estar presentes microorganismos que sean capaces despolimerizar la sustancia objetivo y mineralizar los compuestos monoméricos con enzimas de una ruta metabólica apropiada.
- Los parámetros ambientales, como la temperatura, el pH, la humedad y la salinidad deben suministrar las condiciones necesarias para la biodegradación.
- La forma de las partículas de polímero debe hacer que la unión de microorganismos a la transformación de una biopelícula, mientras que el cuerpo importante del sustrato polimérico, por ejemplo, enlaces químicos, grado de polimerización, grado de ramificación y parámetros, tales como hidrofobicidad o cristalinidad, No debe dificultar las acciones microbianas.

Puesto que los plásticos y derivados sintéticos presentan un tamaño considerable para perforar las membranas celulares de microorganismos, como primer punto de la descomposición es la ruptura de fragmentos tangenciales o la estructura del polímero, donde aparecerán partículas mucho más pequeñas, tales como monómeros y oligómeros (Gu J. & Gu, 2005). Comúnmente en su mayoría esta primera parte de descomposición de un polímero involucra una hidrólisis catalizada enzimáticamente de amidas, ésteres o enlaces de uretano, donde los microorganismos metabolizan y absorben a estas pequeñas partículas que quedaron (Gu J. & Gu, 2005). No obstante, la mayoría de los plásticos que yacen en el medio ambiente no se disuelven en el agua. Las poliolefinas, como el PE y el PP, determinan un sector con volúmenes muy grandes a nivel de producción industrial y se identifican constantemente ante análisis de muestreo en el medio ambiente. Este material se caracteriza por no ser biodegradable ya que no constituye una degradación biótica al no ser compatible ante la descomposición para los microorganismos. En tal virtud para un proceso de descomposición de este material se agregan diferentes sustancias químicas, donde la descomposición oxidativa o fotooxidativa del polímero tarda y se consumen los antioxidantes. Luego de la oxidación primaria de la superficie de las poliolefinas, la descomposición podría acontecer en algunos y varios días, tal es así que se tendrían MPs intermedios intermedios (Weinstein, Crocker, & Gray, 2016).

7.7 DAÑOS QUE GENERAN LOS MICROPLÁSTICOS

Estos micro desechos una vez constituidos en los ecosistemas acuáticos producen un daño relevante en la vida marina vegetal y animal por lo que posteriormente se vería incorporada en la cadena alimenticia humana, donde a su vez conllevaría a un incremento a nivel poblacional de enfermedades catastróficas a causa de ingerir estas sustancias tóxicas derivadas del petróleo, que técnicamente hablando constituiría una alimentación por suspensión o inhalación en la superficie del agua o del aire. (Vickers, 2017).

En el documento citado por (Gall & Thompson, 2015), manifiesta que el consumo involuntario de estas micro partículas se ha agudizado considerablemente.

Por lo tanto hay que tomar en consideración que el MPs es un enemigo que no podemos observar y que está presente en diferentes ambientes y sin darnos cuenta lo hacemos parte de nuestra vida cotidiana no solamente por los beneficios y utilidad a nivel comercial e industrial sino que al transformarse en desechos y durante su degradación se convierten en partículas pequeñas que son

trasladadas a diferentes ecosistemas entre ellos el agua medio por el cual involuntariamente los seres humanos pueden ingerirlos y conllevar perjudicar la integridad de la salud.

7.8 TÉCNICAS PARA DETECTAR LA PRESENCIA DE MICROPLÁSTICOS EN EL AGUA

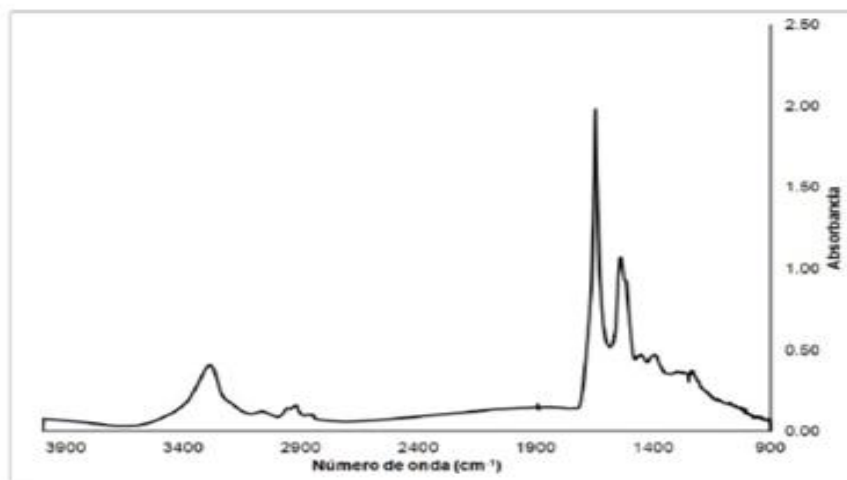
A). TÉCNICA DE LA ESPECTROSCOPIA DE INFRARROJO CON TRANSFORMADA DE FOURIER (FT-IR)

Esta técnica es el resultado de la unión de la espectroscopia de infrarrojo (FTIR) con la microscopia óptica y consiste en el uso de la radiación de sincrotrón que ofrece ventajas significativas en términos de brillantez, con ópticas (ATR) y en detectores (FPA). En ambos casos se pueden alcanzar resoluciones en la escala de los micrómetros. La imagen óptica generada permite delimitar un área de estudio y se usa a la radiación del infrarrojo medio (2.5 a $15 \mu\text{m}$ / 4000 a 650 cm^{-1}) para detectar los movimientos vibracionales de los grupos moleculares presentes en las muestras.

El examinado de una muestra por FT-IR tiene como respuesta un espectro de absorción de infrarrojo el mismo que suministra información de la estructura y concentración molecular. Todas las moléculas pueden dejar ver una variedad de bandas de absorción, cada una de ellas con un movimiento de vibración de un enlace específico dentro de la molécula, a este conjunto de señales se les conoce como la "huella dactilar" del compuesto (Colagar, *et al.*, 2011). La gran cantidad de componentes de un enlace químico tienen movimientos vibracionales con repeticiones dentro del infrarrojo medio (4000 a 650 cm^{-1}), moléculas tales como lípidos, proteínas, carbohidratos, ácidos nucleicos y otras presentes en una muestra biológica tienen cada una un espectro de infrarrojo específico (Carr & Williams, 1997). La radiación es absorbida por un enlace cuando la frecuencia vibracional de la onda electromagnética usada es la misma que la del propio enlace, haciendo posible la asignación de picos de absorción a grupos funcionales específicos (Bonda, Zhang, & Pavlovic, 2011). Estructuras químicas grandes como es el caso de las biomoléculas tienen picos de absorción predecibles, los cuales pueden variar ligeramente dependiendo de las distintas interacciones moleculares y propiedades físicas de las muestras. El número de onda absorbida por un enlace vibracional depende de los átomos que forman el enlace, el tipo de enlace formado y el tipo de vibración inter e intramolecular. (Anderson & Freeman, 1961)

Figura 2:

Espectro simple de un linfocito circulante de rata, obtenido en un microscopio IR, acoplado a un espectrómetro de FT-IR.



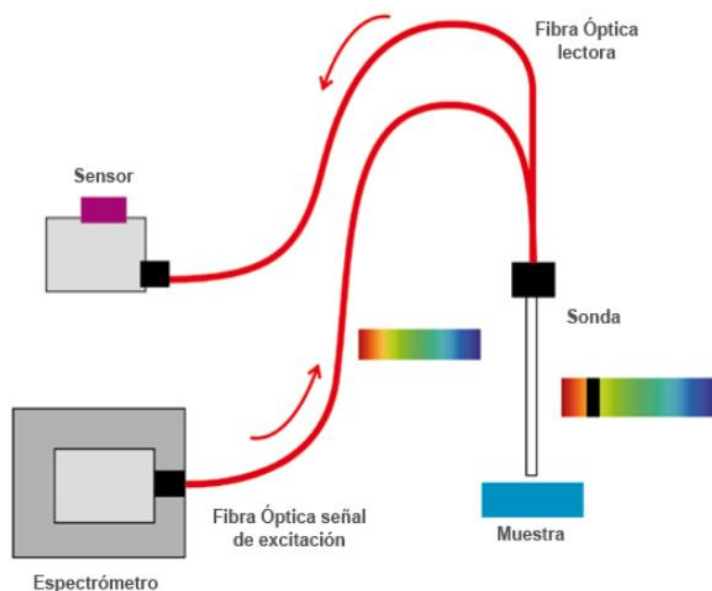
Nota. El gráfico representa espectro simple de un linfocito circulante de rata, obtenido en un microscopio de IR acoplado a un espectrómetro de FT-IR. Tomado de Thermo Nicolet Nexusp C. Alejandra Vargas.

Esta técnica proporciona un espectro de reflexión de las bandas de los grupos funcionales de las sustancias inorgánicas y orgánicas, por lo cual es posible realizar una identificación de los materiales. El equipo dotado de una sonda con fibra óptica permite el análisis directo de la superficie del objeto de estudio. Se trate de un Mid-FT-IR, Remspec con resolución de 10 cm^{-1} en el intervalo espectral de $900\text{-}5000\text{ cm}^{-1}$.

Recientemente se cuenta adicionalmente con un equipo Alpha de Bruker con un módulo de reflexión - sin fibra óptica- para el estudio de minerales y pigmentos en el intervalo espectral de $400\text{-}4000\text{ cm}^{-1}$.

Figura 3:

Reflexión de las bandas de los grupos funcionales de las sustancias inorgánicas y orgánicas



Nota. Adaptado de Espectrometría Infrarroja con Transformada de Fourier, por Técnicas Analíticas y equipos, 2011, (https://www.fisica.unam.mx/andrea/tecnicas_equipos/ftir.html)

Fuente: (Fourier., 2011)

B) TÉCNICA DE LA ESPECTROSCOPIA DE INFRARROJO CON TRANSFORMADA DE FOURIER DE REFLECTANCIA TOTAL ATENUADA (FT-IR) con (ATR)

La técnica de la espectroscopía de infrarrojo (FT-IR) proporciona un espectro de reflexión de las bandas de los grupos funcionales de las sustancias inorgánicas y orgánicas, por lo cual es posible realizar una identificación de los materiales, con el desarrollo de instrumentos que se integran a la transformada de Fourier (FT-IR), se ha elaborado un considerable progreso en la calidad de espectros (Sobejano Tornos, 2009); tal es caso de células de reflectancia total atenuada (ATR) siendo solventado el dilema de filtración del agua, donde las células se elaboran con equipos cristalinos impenetrables en agua con elevados índices de refracción (Thompson S. &., 2018)

El espectro electromagnético constituido por radiaciones electromagnéticas de distintas longitudes de onda que se dispersan desde los rayos gamma inclusive las ondas de radio. El equipo está puesto para recoger 60 espectros por segundo a una resolución de 16 cm^{-1} donde se aplica en modo de

transmisión o reflectancia total atenuada (ATR) con control térmico entre 25 °C y 200 °C. (Juan, 2020).

C). TÉCNICA DE SÓLIDOS SUSPENDIDOS (TSS)

Es un método gravimétrico que se basa en la retención de las partículas sólidas en un filtro de fibra de vidrio a través del cual se hace pasar una muestra homogénea; el residuo que queda retenido se seca a 103-105°C. El incremento en el peso del filtro representa la cantidad de sólidos suspendidos totales.

En el agua que se encuentra en la naturaleza se pueden encontrar varias impurezas de forma suspendida o disuelta, entre ellas los microplásticos, tema principal del trabajo de investigación. En la cuantificación de los niveles de impurezas, el término sólido en suspensión describe las partículas en suspensión presentes en una muestra de agua.

Prácticamente, estas partículas se definen por su imposibilidad de ser separadas de la muestra de aguas usando un filtro. Las partículas más pequeñas, incluyendo especies conteniendo cargas iónicas, se refieren como sólidos disueltos. En el agua potable es importante tomar en cuenta ambas concentraciones de sólidos disueltos y en suspensión. El contaminante más común del mundo es la tierra en forma de TSS (siglas en inglés de total suspended sólidos, sólidos en suspensión totales).

Primero, debemos considerar algunas implicaciones de los sólidos en suspensión totales (TSS).

- Altas concentraciones de sólidos en suspensión pueden depositarse en el fondo de un cuerpo de aguas lluvias, cubriendo organismos.
- Altas concentraciones de sólidos en suspensión disminuyen la eficacia de agentes desinfectantes del agua potable; por proveer a los microorganismos de un sitio protector frente la presencia de desinfectantes. Esta es una de las razones por las que los TSS, también conocido como la turbidez de agua, se filtra en una planta de tratamiento de aguas residuales.
- Existen contaminantes en el agua lluvia absorbidos por la tierra, estos de origen orgánico e inorgánico. Estos que pueden ser transportados a otros cuerpos de agua tales como vertientes subterráneas o almacenamientos naturales para riego u otros fines.

Nota importante: Si bien es cierto la técnica de TSS fundamentalmente determina la presencia de sólidos suspendidos totales orgánicos e inorgánicos, sin embargo, al tener muestras únicamente

de agua lluvia se puede determinar cómo contaminante los microplásticos quedando cuantitativamente despreciados otros sólidos, siendo un dato infinitamente minúsculo comparado con lo que se pretende determinar en el trabajo de investigación.

D). TÉCNICA DE ESPECTROSCOPIA RAMAN

La espectroscopía nació del estudio de la interacción entre radiación y materia en función de la longitud de onda. En la fecha presente la espectroscopía capta los efectos de absorción, emisión o dispersión de radiación electromagnética de material; con el fin de estudiar cualitativa o cuantitativamente (Cano, 2014).

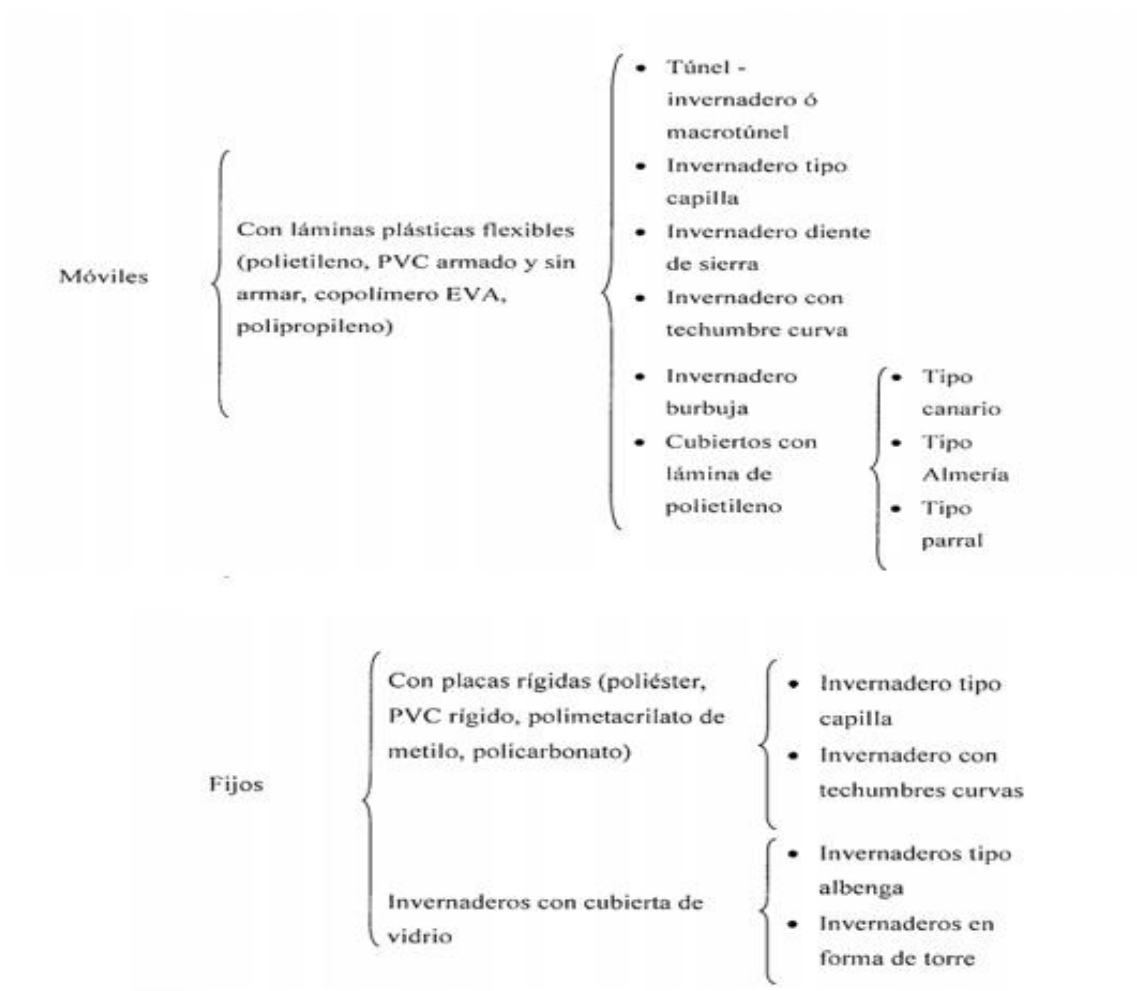
Esta técnica radica en la dispersión inelástica de la luz al repercutir sobre la materia al iluminar un material con luz monocromática de una determinada frecuencia que nace de la energía incidente se esparce en todas direcciones. (Ruiz, 1996). Permanente en la dispersión inelástica de una fracción de la luz acontecida en la muestra, esta sufre un cambio de frecuencia por padecer un intercambio de energía con la materia en dicho encuentro. Un espectro Raman básicamente es la representación de la intensidad de la luz dispersada frente al número de onda. en la cual se puede distinguir la banda central, equivalente a la dispersión Rayleigh, con una frecuencia similar al fotón incidente y de considerable intensidad junto se sitúan de manera simétrica bandas Raman-Stokes y Raman Anti-Stokes.

Esta técnica es aplicada para análisis cuantitativo de cualquier material, sea este orgánico o inorgánico. Su principal ventaja reside en que no es necesaria alguna preparación de la muestra a ser analizada. (Cano, 2014).

7.9 TIPOS DE PLÁSTICOS UTILIZADOS EN INVERNADEROS:

Sucedió en los años 40, incrementándose a partir de los 70, que dio inicio al acelerado incremento de aplicación del polietileno y sus copolímeros para cubierta de invernadero (Garnaud, 2000).

A continuación, en la figura 4 se repasan principales tipos de plástico que pueden tener los materiales de cubierta y su relación con variables ambientales en invernaderos.

Figura 4:**Tipos de invernaderos**

Fuente: (Estrada Castellón, 2005)

8. MARCO LEGAL

Todo proyecto de investigación para su desarrollo se debe respaldar en leyes o normas que determinan las instituciones que regulan el desarrollo de las comunidades y por ende del país, así el trabajo investigativo propuesto se desarrollará tomando como base la normativa que se detalla a continuación:

Constitución de la República del Ecuador, 2008 en la sección segunda que habla de un “Ambiente sano”

“Art. 14.- Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, *sumak kawsay*. Se declara de interés público la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados”.

Constitución de la República del Ecuador, 2008 en la sección séptima, en lo que se refiere a la salud, manifiesta:

Art. 32.- La salud es un derecho que garantiza el Estado, cuya realización se vincula al ejercicio de otros derechos, entre ellos el derecho al agua, la alimentación, la educación, la cultura física, el trabajo, la seguridad social, los ambientes sanos y otros que sustentan el buen vivir.

El Estado garantizará este derecho mediante políticas económicas, sociales, culturales, educativas y ambientales; y el acceso permanente, oportuno y sin exclusión a programas, acciones y servicios de promoción y atención integral de salud, salud sexual y salud reproductiva.

La prestación de los servicios de salud se regirá por los principios de equidad, universalidad, solidaridad, interculturalidad, calidad, eficiencia, eficacia, precaución y bioética, con enfoque de género y generacional. El TULSMA (Texto unificado de legislación secundaria de medio ambiente), en la parte de CALIDAD AMBIENTAL Y DE DESCARGA DE EFLUENTES: RECURSO AGUA, cita:

“Art.- 4.2.1.4 Las municipalidades de acuerdo a sus estándares de Calidad Ambiental deberán definir independientemente sus normas, mediante ordenanzas, considerando los criterios de calidad establecidos para el uso o los usos asignados a las aguas. En sujeción a lo establecido en el Reglamento para la Prevención y Control de la Contaminación”.

“Art.- 4.2.1.5 Se prohíbe toda descarga de residuos líquidos a las vías públicas, canales de riego y drenaje o sistemas de recolección de aguas lluvias y aguas subterráneas. La Entidad Ambiental de Control, de manera provisional mientras no exista sistema de alcantarillado certificado por el proveedor del servicio de alcantarillado sanitario y tratamiento e informe favorable de esta entidad para esa descarga, podrá permitir la descarga de aguas residuales a sistemas de recolección de

aguas lluvias, por excepción, siempre que estas cumplan con las normas de descarga a cuerpos de agua”.

“Art.- 4.2.1.14 El regulado deberá disponer de sitios adecuados para caracterización y aforo de sus efluentes y proporcionarán todas las facilidades para que el personal técnico encargado del control pueda efectuar su trabajo de la mejor manera posible”.

9. VALIDACIÓN DE LA PREGUNTA CIENTÍFICA

¿Es posible que la calidad del agua proveniente de la precipitación pluvial urbana de la ciudad de Latacunga sea afectada por la presencia de microplásticos?

Mediante la ejecución del presente proyecto de investigación ha sido posible diseñar una estrategia de monitoreo aplicada en la zona urbana de la ciudad de Latacunga con el propósito de adquirir muestras de precipitación pluvial para su posterior análisis, cuantificación e identificación de microplásticos aplicando técnicas gravimétricas y de espectroscopía de infrarrojo que permitieron caracterizar los sólidos recuperados en las muestras recolectadas mediante pluviómetros artesanales.

10. METODOLOGÍA

10.1. ELABORACIÓN DE LA ESTRATEGIA DE MONITOREO

10.1.1 Criterios para la selección de los transectos a monitorear

- Accesibilidad. - el punto de muestreo debe estar en un lugar fácilmente accesible con las vías de acceso vehicular y peatonal que sean necesarias, de tal manera que faciliten obtener las muestras y transportar la carga que implican los equipos y materiales de muestreo.
- Representatividad. - el punto de recolección de las muestras debe ser lo más representativo posible de las características totales del cuerpo de agua, esto significa que el cuerpo de agua debe estar mezclado totalmente en el lugar de muestreo, relacionado específicamente con la turbulencia, velocidad y apariencia física del mismo, adquiriendo que la muestra sea lo más homogénea posible.
- Seguridad. - el punto de muestreo, sus alrededores y las condiciones meteorológicas deben garantizar la seguridad de las personas responsables del muestreo, minimizando los riesgos de

accidentes y de lesiones personales, es por esto que es recomendable tomar siempre todas las precauciones y utilizar los equipos de seguridad y de protección personal necesarios. En los ríos se debe prestar especial atención a posibles crecientes, deslizamientos o arrastre de objetos sólidos grandes hacia la corriente.

- Frecuencia de monitoreo. - El monitoreo de los siete transectos se realizó durante 15 días con visitas frecuentes cada dos días. Para la recolección de la muestra se utilizó dos pluviómetros artesanales en cada transecto, dando un total de catorce puntos de monitoreo.

Es preciso mencionar que el monitoreo se realizó de acuerdo a la zonificación estratégica anteriormente mencionada, considerando las primeras horas del día (entre 7 a 8 de la mañana) para evitar fenómenos como la evaporación del agua recolectada, los puntos de monitoreo fueron equidistantes en todos los transectos.

10.1.2. Limitaciones a considerar durante el monitoreo

Es fundamental saber que la distribución de los microplásticos en determinados medios puede ser variable y dependerá de las condiciones meteorológicas, temporales o geográficas, como la intermitencia de la precipitación pluvial, lo que limita el profundizar el estudio. En el momento del muestreo se debe tener como primera medida de precaución el evitar la contaminación cruzada por partículas de plástico procedente de otras fuentes, por lo tanto, todos los procesos de recolección y de pretratamientos deben estar libres de elementos que contengan plástico para evitar la contaminación de las muestras.

10.1.3 Herramientas para la ubicación geográfica de los transectos

Antes de proceder con la recolección de información IN SITU, es procedente identificar teórica y gráficamente los puntos estratégicos de monitoreo, tal es así, que mediante el software AUTOCAD versión 2020, se generó el mapa de la zona urbana de la ciudad de Latacunga, sobre el cual se ubicó los siete transectos. El proyecto en estudio abarca la zona urbana de la ciudad de Latacunga con una superficie de 375.46 hectáreas.

10.2. PROCEDIMIENTO PARA LA TOMA DE MUESTRAS

Para la recolección de las muestras de la precipitación pluvial de la zona urbana de Latacunga se adaptó la normativa NTE INEN 2226: AGUA. CALIDAD DEL AGUA. MUESTREO. DISEÑO

DE LOS PROGRAMAS DE MUESTREO (2013) (INEN, 2013), en la que se describe los principios generales a ser aplicados en el diseño de los programas de muestreo para el control de la calidad, caracterización de la calidad e identificación de las fuentes de contaminación en el agua.

10.2.1 RECOLECCIÓN DE MUESTRAS

Previo a la recolección de muestras se elaboró de manera artesanal pluviómetros, con las siguientes características:

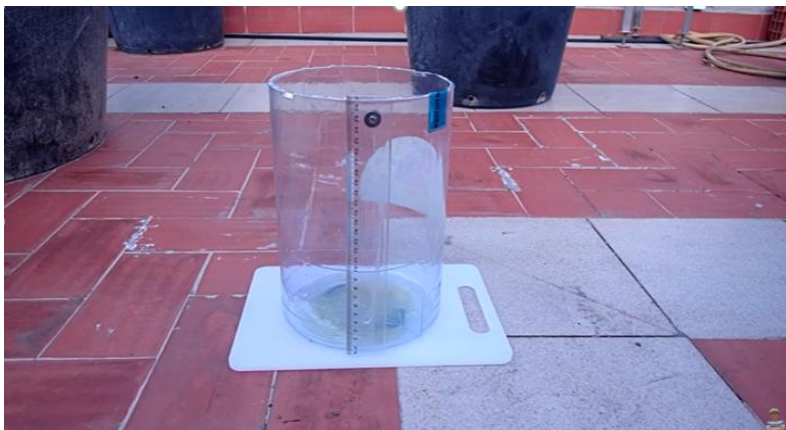
- Se dará inicio a la elaboración del pluviómetro artesanal realizando un corte a la botella de plástico con un diámetro de 10 cm, el corte aproximadamente a 2/3 longitud desde su base.
- Procederemos a adherir una escala graduada, para este caso se utilizará una regla de 20 cm transparente. Para ello, lo primero es colocar el pluviómetro sobre una superficie plana.
- Para la superficie plana y estabilidad del pluviómetro se utilizará una base de madera de 30 cm X 30 cm; con un espesor y grosor de 1 cm.
- Para que las lecturas se ajusten a los estándares es necesario calibrar el pluviómetro. Ya que el pluviómetro artesanal está adherido con la regla de 20 cm en la escala graduada las divisiones irán de 20 cm en 20 ml, para realizar los cálculos

Figura 5:

Elaboración pluviómetro artesanal



Figura 6:
Pluviómetro artesanal



Una vez preparados los pluviómetros se procedió a ubicar dos en cada uno de los siete transectos establecidos, teniendo presente el equipo de seguridad necesario y la logística para el traslado. Los materiales empleados durante la toma de muestras, fueron:

- Receptor satelital
- Estacas de 1.00 m de largo x 5cm de diámetro
- Cinta
- Flexómetro
- Guantes de protección
- Equipo de seguridad, botas de caucho, arnés, cuerda gruesa, ancla de seguridad
- Recipiente plástico circular de 10” de diámetro x 20” de altura, con tapa para hermetizar la muestra
- Cámara fotográfica
- 2 ayudantes para la recolección de la muestra
- Vehículo

10.2.2. PROCEDIMIENTO DE TOMA DE MUESTRAS

- Equipar al personal que va a recolectar las muestras con los insumos de seguridad tales como arneses, botas guantes y arnés sujetado a un espacio de seguridad con ancla y cuerda en caso de ser necesario.

- Delimitar el transecto de muestreo en la zona especificada, para ello se medirá un área circunscrita de 1.00 m x 1.00 m señalando con las estacas en cuadrantes.
- Otra persona deberá seguir fotografiando el proceso de inicio a fin y llenando la ficha técnica.
- Registro de localización del punto de muestreo real con GPS (esperando que la precisión sea la mayor posible).
- Colocación los pluviómetros artesanales en cada uno de los sitios estratégicos para el muestreo.
- Monitoreo de los pluviómetros semanalmente.
- Identificación de la muestra.
- La toma de muestras será la que se halle dentro de la recolección del pluviómetro.

10.2.3 Manipulación y preservación de la muestra

Durante el monitoreo se cuantificaba el volumen recolectado en cada uno de los catorce pluviómetros artesanales, recolectando las muestras en envases herméticos, uno por cada pluviómetro. Los envases herméticos con la muestra tomada fueron colocados en un cooler para su preservación, de igual manera se consideró normas de bioseguridad durante la manipulación de la muestra a fin de evitar contaminación cruzada por materiales orgánicos e inorgánicos y de esta manera evitar la alteración de la muestra.

10.3 CUANTIFICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE LOS MICROPLÁSTICOS

10.3.1 CUANTIFICACIÓN POR LA TÉCNICA DE SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES (TSS)

10.3.1.1 PREPARACIÓN DEL FILTRO

Para la preparación del filtro se realizó el siguiente procedimiento:

- Lavar los filtros de 45 μ m con 20-30 ml de agua desionizada para remover cualquier sólido que haya quedado del proceso de fabricación.
- Colocar los filtros en sus propios recipientes de aluminio, secándolos por 30 minutos en un horno de 104 °C.

- Colocar en un desecador el filtro y recipiente, y pesarlos.
- Repetir varias veces para obtener el peso promedio del filtro y el recipiente.

10.3.1.2 OBTENCIÓN DE TSS

- Filtrar una muestra de 100 ml de agua, usando el filtro preparado en el paso previo.
- Poner cada filtro en su propio recipiente de aluminio secar cada uno en un horno por una hora a 104 °C.
- Enfriar el filtro usando un desecador y pesar. Repetir este paso hasta obtener el peso promedio de TSS.

10.3.1.3 DETERMINACIÓN CÁLCULO DEL TSS

Ecuación 1:

Fórmula determinación de TSS

$$\frac{TSSmg}{L} = \frac{(\text{peso promedio despues de filtrar en g} - \text{peso promedio antes de filtrar en g}) \left(\frac{1000mg}{g}\right)}{\text{Volumen de muestra de agua en L}}$$

Es importante mezclar la muestra completamente antes de comenzar la medición. Las partículas de tierra y sedimentos pueden salir de la suspensión subsiguientemente dando resultados inexactos si no se mezcla la muestra de agua antes de sacar la alícuota para la medición.

- Se deben realizar todas las medidas en tríplica.
- Antes de comenzar con el experimento, se lavan con cuidado todos los contenedores y los filtros. Como dice el procedimiento, se tienen que calentar todos los filtros a la temperatura máxima antes de filtrar. También se tiene que obtener el peso constante (± 5 mg) antes de terminar cada experimento (huellas dactilares y polvo cambiarán los resultados significativamente).
- Las balanzas deben estar calibradas. Para sacar las medidas más precisas, se debe usar la misma balanza durante cada medición, porque, aunque la balanza no esté completamente calibrada el cambio de peso probablemente será el correcto.

10.4 ESPECTROSCOPIA FT-IR

Las partículas microplásticas se identificaron mediante espectroscopía de infrarrojo por transformada de Fourier (FT-IR), (Hazelton, 2016) se fundamenta en el estudio de la absorción o

emisión de energía radiante originada por la interacción entre la radiación electromagnética y el material de estudio. Las moléculas tienden a rotar y vibrar a distintas frecuencias, es decir las moléculas tienen la capacidad de absorber energía de fotones en rango energético del infrarrojo, si existe una diferencia en el momento bipolar mientras ocurre un movimiento vibracional rotacional y cuando la frecuencia asociada con la radiación resuena con el movimiento vibracional, esto permite su identificación comparando los espectros de absorbancia FT-IR de los microplásticos con los de la biblioteca de espectros de referencia.

Tabla 4.

Longitud de onda para distintos rangos en el infrarrojo

Infrarrojo	cm^{-1}
Lejano	10 a 650
Medio (IR)	650 a 4000
Próximo	4000 a 12500

Elaborado por: (Hazelton, 2016)

10.4.1 CARACTERIZACIÓN POR LA TÉCNICA DE ESPECTROSCOPIA DE INFRARROJO FT-IR

Para evaluar la presencia de microplásticos, se retiró del laboratorio la muestra posterior al análisis cuantificación por la técnica de sólidos suspendidos totales (TSS).

Antes de dar inicio a la preparación y análisis de la muestra, se chequeará que el equipo este encendido al igual que la fuente y el láser, previamente el equipo que deberá estar conectado al computador donde se va a obtener la señal.

10.4.2 PREPARACIÓN Y ANÁLISIS DE LA MUESTRA

Para dar inicio se procederá a realizar la pastilla de la muestra con bromuro de potasio o KBr y realizar el análisis en el equipo, para ello se necesita espátula, set de troquel, mortero y pistilo de ágata. Cabe recalcar la importancia del mortero y pistilo de ágata se debe a que es un mineral de elevada dureza que proporciona una gran resistencia a la ablación, garantizando la no contaminación por partículas desprendidas del mortero, finalmente se necesita bromuro de potasio

que se ha sometido a un secado de 100 grados Fahrenheit durante un tiempo de 15 – 20 minutos con el propósito que la pastilla no tenga humedad.

Cuando la muestra se ha macerado con el kBr que generalmente se utiliza en una proporción 1 a 100, la muestra deberá quedar homogénea y suave. Una vez finalizado el proceso de macerado se prepara el set de troquel adicionando la muestra; al tener el troquel preparado se lleva a la prensa. Es importante mencionar que el troquel tiene un desprendimiento lateral que permite conectar el sistema al vacío ya que de esta manera se disminuye parte de la humedad, finalmente se obtendrá la pastilla de la muestra.

La pastilla se ubicará en el porta muestra, este a su vez será introducido en la celda del equipo de infrarrojo entre el láser apertura izquierda y el detector apertura derecha.

10.4.3 ANÁLISIS DE LA MUESTRA

Es importante previo al análisis de la muestra, se debe realizar un background o fondo para corregir o sustraer bandas de la muestra no deseadas, es decir se deja correr primero el background con una pastilla de kBr solo y luego analizar la muestra. Se abrirá software en este caso espectro y se procede como indica el software.

Para en análisis de la muestra en el software se recomienda entre 14 y 16 scan para obtener una mejor resolución del espectro, transcurrido el tiempo finalmente se obtendrá el espectro de la muestra analizada.

11. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

11.1. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Área de estudio

El área de estudio se encuentra ubicada en la Provincia de Cotopaxi, Cantón Latacunga (zona urbana), siendo siete transectos los puntos de muestreo de agua pluvial. Se tomó en consideración zonas con altas velocidades de corriente de aire cercanas a cauces de ríos, sitios que garanticen la conservación y seguridad de la muestra durante el periodo de monitoreo y la accesibilidad a los puntos de muestreo. El área de estudio consideró siete transectos cuya ubicación se detalla en la

Tabla 5, en cada transecto se ubicó dos pluviómetros con el propósito de garantizar el volumen de muestra recolectada.

Tabla 5.

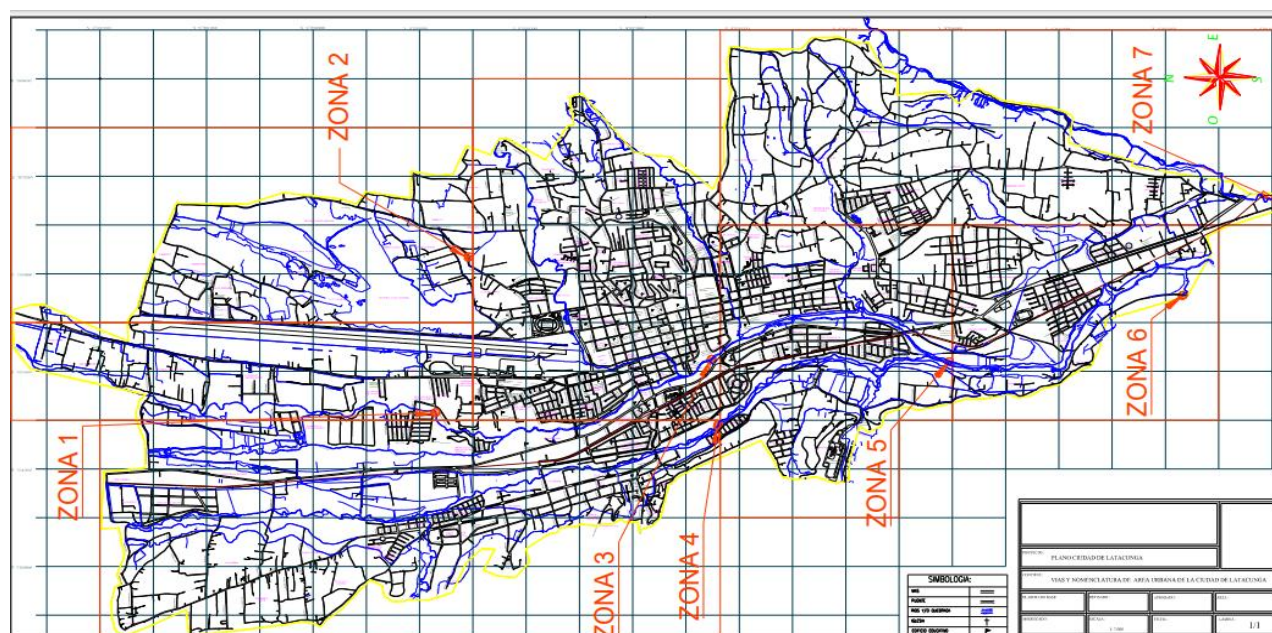
Ubicación de los siete transectos en la ciudad de Latacunga

Código	Ubicación	Puntos	Coordenadas	
			X	Y
P1	Centro norte	Rio Alaquez	764579,25	9898848,71
P2	Nororiente	Acequia matriz	765337,20	9898525,16
P3	Centro	Río Cutuchi	765124,47	9896258,30
P4	Centro Occidente	Rio Pumacunchi	764452,63	9896195,36
P5	Sur occidental	Rio Pumacunchi y cutuchi	765100,53	9894028,29
P6	Sur occidental	Quebrada Taniloma	761222,51	9891648,99
P7	Sur	Rio Illuchi	766744,80	9890934,77

Elaborado por: Sailema Diana, 2021.

Figura 7.

Ubicación de los puntos de muestreo en la ciudad de Latacunga



Elaborado por: Sailema Diana, 2021.

En el mapa de la zona urbana de la ciudad de Latacunga se identifica teórica y gráficamente los puntos estratégicos de monitoreo.

Tabla 6.
Superficie de área de Monitoreo

COORDENADAS DE MONITOREO			
ZONA 1	ZONA 2	ZONA 3	ZONA 4
Norte: 9898848.71	Norte: 9898525.16	Norte: 9896258.30	Norte: 9896195.36
Este: 764579.25	Este: 765337.20	Este: 765124.47	Este: 764452.63
Superficie: 23.71 hectáreas	Superficie: 54.65 hectáreas	Superficie: 65.31 hectáreas	Superficie: 90.42 hectáreas
ZONA 5	ZONA 6	ZONA 7	
Norte: 9894028.29	Norte: 9891648.99	Norte: 9890934.77	
Este: 765100.53	Este: 766122.51	Este: 766744.80	
Superficie: 48.91 hectáreas	Superficie: 31.49 hectáreas	Superficie: 60.94 hectáreas	

Elaborado por: Diana Sailema, 2021

Es importante analizar propuestas donde se plantean realizar técnicas de monitoreo por zonificación y frecuencia semanal para la recolección de la materia en estudio de acuerdo a lugares estratégicos de muestreo tal es así, que en el plano que se detallan en cuadrantes, las zonas importantes y estratégicas de las cuales se obtuvo diferentes muestras para el estudio.

11.2. ESTRATEGIA DE MONITOREO DE PRESENCIA DE MICROPLÁSTICOS

11.2.1. DETERMINACIÓN DE SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES (TSS)

Una vez analizadas las muestras de agua obtenida por precipitación pluvial, dichas muestras obtenidas por un pluviómetro artesanal de 10 cm de diámetro; se han realizado experimentalmente los análisis para determinar la presencia de sólidos suspendidos, en este caso relacionado directamente con la presencia de microplásticos en el agua, en dichas muestras tal y como lo indica el procedimiento experimental de campo y laboratorio, donde a continuación en la tabla que sucede se indican los valores técnicos obtenidos.

Donde las primeras 5 filas de dicha tabla reflejan los datos obtenidos en campo numéricamente organizados de norte centro y sur de la ciudad de Latacunga, transectos, muestra, altura pluviométrica obtenida por precipitación pluvial, dimensión del pluviómetro artesanal y volumen de agua obtenida. Las 4 últimas filas de la tabla dinámica representan los datos obtenidos en laboratorio ya relacionado directamente con la presencia de microplásticos como el peso, relación peso del microplástico con volumen del agua obtenida por muestreo, peso de los sólidos suspendidos y finalmente la relación porcentual entre la cantidad de sólidos y agua.

Tabla 7.

Resultados del análisis de laboratorio

ANÁLISIS Y TABULACIÓN DE RESULTADOS DE LABORATORIO, TSS								
PESO ESOCÍFICO DEL AGUA: (mg/cm ³)					1000			
DATOS OBTENIDOS EN CAMPO					DATOS DE LABORATORIO			
TRANSECTO	MUESTRA	DATO PLUVIOMÉTRICO (hp) mm	DIÁMETRO DEL PLUVIÓMETRO (mm)	VOLUMEN DE AGUA (ml)	PESO DEL AGUA (mg)	TSS (mg/ml)	PESO TSS (mg)	RELACIÓN TSS/H ₂ O (%)
1	A	7,00	100,00	549,78	549780,00	0,04158	22,86	0,00416%
	B	8,00	100,00	628,32	628320,00	0,032754	20,58	0,00328%
2	A	7,00	100,00	549,78	549780,00	0,039234	21,57	0,00392%
	B	7,00	100,00	549,78	549780,00	0,039161	21,53	0,00392%
3	A	8,00	100,00	628,32	628320,00	0,045136	28,36	0,00451%
	B	9,00	100,00	706,86	706860,00	0,039159	27,68	0,00392%
4	A	8,00	100,00	628,32	628320,00	0,045661	28,69	0,00457%
	B	8,00	100,00	628,32	628320,00	0,046091	28,96	0,00461%
5	A	7,00	100,00	549,78	549780,00	0,039197	21,55	0,00392%
	B	8,00	100,00	628,32	628320,00	0,036542	22,96	0,00365%
6	A	8,00	100,00	628,32	628320,00	0,036208	22,75	0,00362%
	B	7,00	100,00	549,78	549780,00	0,038615	21,23	0,00386%
7	A	7,00	100,00	549,78	549780,00	0,040998	22,54	0,00410%
	B	7,00	100,00	549,78	549780,00	0,038615	21,23	0,00386%

Elaborado por: Sailema Diana, 2021

Fuente: Laboratorios de la Universidad Politécnica de Riobamba

Mediante la técnica de sólidos suspendidos si bien es cierto, fundamentalmente determina la presencia de sólidos suspendidos totales orgánicos e inorgánicos relacionado directamente el peso del microplástico con volumen del agua obtenida por muestreo, sin embargo, esta técnica no es

ideal para este proyecto de investigación ya que no permite cuantificar y caracterizar la presencia de sólidos suspendidos.

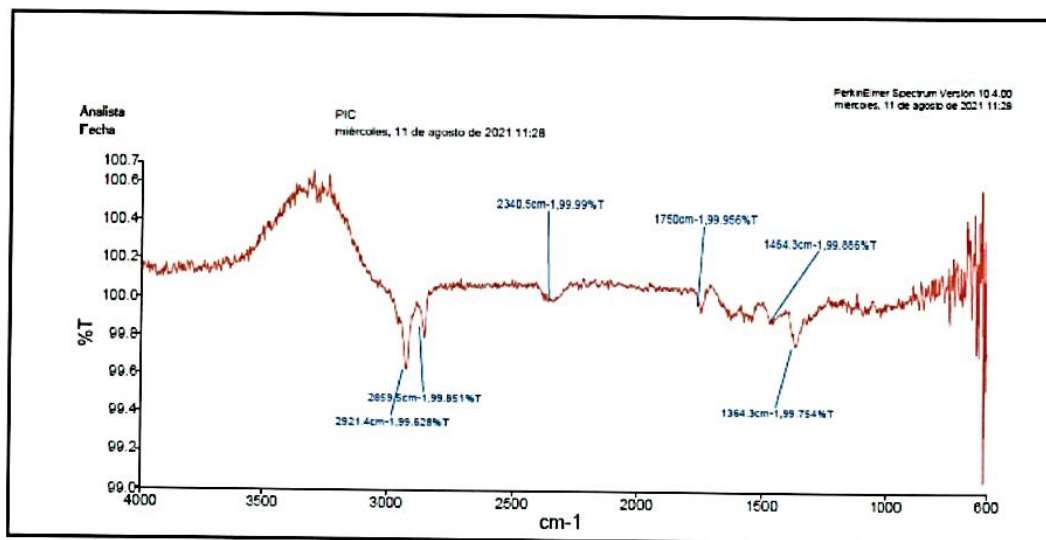
11.3 ESPECTROSCOPIA INFRARROJA FT-IR

La espectroscopia infrarroja FT-IR fue la técnica empleada para el estudio de la composición química de la muestra de microplásticos del agua pluvial recolectada, con el propósito de identificar los polímeros que la componen. Wang Z.W., y cols., 2018 distingue cinco aditivos característicos del polipropileno: 2,6-di-terc-butil-4-metilfenol (BHT), 2-(2-hidroxi-5-metilfenil) benzotriazol (UV-P), 2,4-Di-ter-butil-6-(5-cloro-2H-benzotriazol-2-il) fenol (UV-327), 2-(2H-benzotriazol-2-il)-4-(1,1,3,3-tetrametilbutil) fenol (UV-329) y 2-hidroxi-4-(octiloxi) benzofenona (UV-531).

El espectro FT-IR corregido para la muestra de microplásticos se muestra en la Figura 8, mientras que en la Tabla 8 se detalla las bandas representativas de los espectros mencionados

Figura 8:

Espectroscopia Infrarrojo FT-IR



Elaborado por: Diana Sailema 2021

En la tabla 8 se observa los grupos funcionales que responden a las cinco longitudes de onda mostradas en la figura 8 del espectro FT-IR de la muestra de microplásticos analizada, para la identificación de las bandas representativas del espectro FT-IR se comparó con la información publicada por (Socrates, 2004).

Tabla 8.*Bandas representativas de los espectros FT-IR de muestras de microplásticos*

Enlace/ Grupo Funcional	Longitud de onda cm^{-1}
-CH₃ y -CH₂- compuestos alifáticos	2921.4
	2859.5
-NH₃ aminas	2340.5
C=O comp. Carbonilos	
-CH=CH₂ Alquenos, polieno, dieno	1750
-CH₃ en compuestos alifáticos	1454.3
Isopropil	1364.3

Elaborado por: Sailema Diana, 2021

Para la identificación de las bandas representativas del polipropileno se comparó los espectros FT-IR de la muestra de agua pluvial. En el que se menciona que el espectro infrarrojo del polipropileno tiene bandas fuertes cercanas a 2950 cm^{-1} ($\sim 3.39 \mu\text{m}$), 1460 cm^{-1} ($\sim 6.85 \mu\text{m}$) y 1380 cm^{-1} ($\sim 7.25 \mu\text{m}$).

Además, se observan bandas para la porción de carboxilatos cerca de 1640 cm^{-1} ($\sim 6.10 \mu\text{m}$), 1560 cm^{-1} ($\sim 6.41 \mu\text{m}$) y 1400 cm^{-1} ($\sim 7.14 \mu\text{m}$). Las bandas también se observan en la región $1350\text{-}1100 \text{ cm}^{-1}$ ($7.41\text{-}9.09 \mu\text{m}$) que tienen su origen en la estructura salina del CH₂- ácido.

Las bandas del espectro FT-IR ubicadas en la región cercana a 1364 cm^{-1} demuestran la presencia de polipropileno combinado con polietileno en bandas cercanas a $3190,41 \text{ cm}^{-1}$, muy probablemente de alta densidad.

12. IMPACTOS (TÉCNICOS, SOCIALES, AMBIENTALES O ECONÓMICOS)

Haciendo énfasis a los impactos que se encontraron dentro la presente investigación se establecieron impactos sociales, económicos y ambientales y con los resultados obtenidos se podrá contribuir a futuras investigaciones fomentando concientización para todos los seres humanos. para una posterior toma de decisiones orientada a la prevención y remediación de este tipo de contaminantes.

12.1 Impactos Técnicos

El impacto técnico del proyecto investigativo es positivo, con el siguiente proyecto se pretende ayudar a las autoridades municipales a desarrollar normativas que regularicen la fabricación, uso y distribución de plástico a empresas que se dediquen a la elaboración del producto derivado del petróleo. Debido a que el producto provoca diversos factores de contaminación del suelo, atmosférica e hídrica.

12.2 Impactos Sociales

Esta investigación presenta un impacto social positivo, esto genera el desarrollo técnico para el manejo integral de residuos sólidos en plásticos y microplásticos, mejorando la calidad de vida de la zona urbana de la ciudad de Latacunga, para una posterior toma de decisiones orientada a la prevención y remediación de este tipo de contaminantes.

12.3 Impactos ambientales

En la zona urbana de Latacunga, existe una concentración de microplásticos en el agua de lluvia o pluvial contaminando los cauces hídricos, sin embargo, con la creación de normativas vigentes para regular el plástico generando monitoreo, medidas estrategicas para la conservación de los recursos naturales, esto causa un impacto ambiental positivo.

12.4 Impactos económicos

El estudio provoca un impacto económico negativo, debido a que las empresas dedicadas a la fabricación de plásticos tendrán un ingreso económico bajo y por ende la pérdida de inversión, porque deben regularizarse de acuerdo la normativa generada por las autoridades.

13. PRESUPUESTO PARA LA PROPUESTA DEL PROYECTO:

Tabla 9:

Presupuesto.

PRESUPUESTO DE INTERVENCIÓN PARA EL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN					
RUBRO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
RECURSOS TECNOLÓGICOS					
1	INTERNET	MB/H	180	\$ 0,60	\$ 108,00
2	COMPUTADORA	HORA	200	\$ 0,30	\$ 60,00
3	CÁMARA FOTOGRÁFICA	HORA	8	\$ 0,15	\$ 1,20
4	PEN DRIVE 16 GB	UNIDAD	1	\$ 18,00	\$ 18,00
5	RECEPTOR SATELITAL	HORA	8	\$ 5,00	\$ 40,00
RECURSOS MATERIALES					
6	LIBRETA DE CAMPO	UNIDAD	1	\$ 3,00	\$ 3,00
7	BOLÍGRAFO	UNIDAD	2	\$ 0,50	\$ 1,00
8	RESMA DE HOJAS DE PAPEL BOND A4	UNIDAD	2	\$ 4,00	\$ 8,00
MOVILIZACIÓN					
9	RECORRIDO PARA ANALISIS DE CAMPO	KM	300	\$ 0,40	\$ 120,00
RECURSOS HUMANOS Y ALIMENTACIÓN					
11	AYUDANTE	DIA	16	\$ 15,00	\$ 240,00
SUBTOTAL					\$ 599,20
IMPREVISTOS Y OTROS					
12	ESPECTROSCOPIA INFRARROJA FTIR		1	\$ 19,92	\$ 19,92
13	IMPREVISTOS 10% DEL SUBTOTAL	GLOBA L	1	\$ 59,92	\$ 59,92
TOTAL					\$ 679,04

Elaborado por: Sailema Diana, 2021

14. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

14.1 CONCLUSIONES

- Con el diseño e implementación de la estrategia de monitoreo se obtuvo muestras representativas para el análisis y determinación de la presencia de microplásticos, evidenciándose que el agua de precipitación pluvial de la zona urbana de la ciudad de Latacunga sí presenta estas micropartículas lo que significa una degradación de la calidad del agua y una advertencia de los potenciales riesgos para la salud humana y conservación de la flora y fauna.
- Mediante el análisis de espectroscopía de infrarrojo FT-IR de la muestra de agua pluvial de la zona urbana de la ciudad de Latacunga se evidencia la presencia de microplásticos constituidos probablemente por polipropileno (bandas fuertes cercanas a 2950 cm^{-1} , 1460 cm^{-1} y 1380 cm^{-1}) y polietileno, en bandas cercanas a $3190,41\text{ cm}^{-1}$, posiblemente de alta densidad.
- El resultado obtenido respecto a la concentración de microplásticos en la muestra de agua pluvial es de 18 partículas por litro, lo cual es comparable a los resultados presentados en un estudio reciente en México donde se registró un promedio de 7 a 18 partículas de microplásticos por litro según el estudio realizado por Shruti, et al., 2020.
- La técnica analítica más adecuada para la caracterización de microplásticos es la Espectroscopia de Raman porque permite un análisis cualitativo y cuantitativo de los polímeros que componen los microplásticos, sin embargo, en el presente proyecto de investigación se trabajó cuantitativamente empleando la Técnica Gravimétrica de Sólidos Totales y cualitativamente empleando la Técnica de Espectrofotómetro de infrarrojo (FT-IR).
- El conocer el diferente tipo de polímero, permitirá identificar y determinar la posible proveniencia de fragmentos encontrados en la muestra, es así que se atribuye la presencia de polietileno y polipropileno a los plásticos de invernadero degradados a cielo abierto.

14.2 RECOMENDACIONES

- Profundizar el tema a nivel académico y científico sobre métodos de cuantificación de microplásticos en ecosistemas acuáticos, empleando la Técnica de Espectroscopia de Raman.
- Divulgar el trabajo de investigación a nivel de talleres educativos e informativos sobre la presencia de microplásticos en el agua lluvia de la zona urbana de la ciudad de Latacunga de tal manera que a nivel se agudicen los conocimientos y se propongan métodos científicos para el desarrollo del tema y mitigación al respecto.
- La presencia de microplásticos en el agua lluvia genera contaminación ambiental a nivel de diversos ecosistemas.

15. BIBLIOGRAFÍA

- Anderson, D. A., & Freeman, E. S. (1961). The kinetics of the thermal degradation of polystyrene and polyethylene. *Journal of Polymer Science*, 253-260.
- Anderson, D. A., & Freeman, E. S. (1961). The kinetics of the thermal degradation of polystyrene and polyethylene. *Journal of Polymer Science*, 253-260.
- Andrady, A. &. (2009). Applications and societal benefits of plastics. *364(1526)*, 1977-1984. Retrieved from Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences.
- Andrady, A. L. (2011). Microplastics in the marine environment. *Marine pollution bulletin.*, 1596-1605.
- Andrady, A. L., Pegram, J. E., & Song, Y. (1993). Studies on enhanced degradable plastics. II. Weathering of enhanced photodegradable polyethylenes under marine and freshwater floating exposure. *Journal of environmental polymer degradation.*, 117-126.
- Andrady, A., & Neal, M. A. (2009). Applications and societal benefits of plastics. *364(1526)*, 1977-1984. Retrieved from Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences.
- Arthur, C., Baker, J., & Bamford, H. (2008). International research workshop on the occurrence, effects, and fate of microplastic marine debris. pp. 9-11.
- Azzarello, M. Y., & Vleet, V. E. (1978). Marine birds and plastics pollution. *Marine Ecology Progress Series*, 295-303.
- Barnes, D. K., Galgani, F., Thompson, R. C., & Barlaz, M. (1985-1998). Accumulation and fragmentation of plastic debris in global environments. *Philosophical transactions of the royal society B: biological sciences.*, 364-1526.

- Bayo, J. (2018). Emisión de microplásticos desde estaciones depuradoras de aguas. *Department of Chemical and Environmental Engineering, Technical University of*
- Best, J. (2019). Anthropogenic stresses on the world's big rivers. *Nature Geoscience*, 7-21.
- Bonda, C., Zhang, J., & Pavlovic, A. (2011). The photostability and photostabilization of trans-resveratrol. *Cosmetics and toiletries*, -9126.
- Brauer, A. C. (2000). Ambient atmospheric particles in the airways of human lungs. . *Ultrastructural pathology*, pp. 353-361.
- Bruge, A., Barreau, C., Carlot, J., Collin, H., Moreno, C., & Maison, P. (2018). Monitoring litter inputs from the Adour River (Southwest France) to the marine environment. *Journal of Marine Science and Engineering.*, 24.
- Cano, V. G. (2014). Espectroscopía Raman: Fundamento y.
- Carr, G. L., & Williams, G. P. (1997). Infrared microspectroscopy with synchrotron radiation. In *Accelerator-Based Infrared Sources and Applications. International Society for Optics and Photonics*, 51-58.
- Castañeda, R., Avlijas, S., Simard, M., & Ricciardi, A. (2014). Micropastic pollution in St. In C. F. Lawrence river sediments. 1767-1771.
- Colagar, A. H., Chaichi, M. J., & Khadjvand, T. (2011). Fourier transform infrared microspectroscopy as a diagnostic tool for distinguishing between normal and malignant human gastric tissue. *Journal of biosciences*, 669-677.
- Cózar, A., Echevarría, F., González, G. J., Irigoien, X., Úbeda, B., Hernández, L. S., & Duarte, C. M. (2014). Plastic debris in the open ocean. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 10239-10244.

- Delgado, M. G. (1995). *El Estudio de los Residuos*. Retrieved from Definiciones, Tipologías, Gestión y Tratamiento.: <https://ebuah.uah.es/xmlui/bitstream/handle/10017/1037/E1%20Estudio%20de%20los%20Residuos.%20Definiciones%2C%20Tipolog%C3%ADas%2C%20Gesti%C3%B3n%20y%20Tratamiento.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Derraik, J. G. (2002). The pollution of the marine environment by plastic debris: a review. . *Marine pollution bulletin.*, 842-852.
- Dris, R. G. (2015). Microplastic contamination in an urban area: a case study in Greater Paris. *Environmental Chemistry*, pp. 592-599.
- EFSA. (2016). Presence of microplastics and nanoplastics in food, with particular focus on seafood. *Panel on Contaminants in the Food Chain (CONTAM)*, 6_14.
- Eriksen, M., Lebreton, L. C., Carson, H. S., Thiel, M., Moore, C. J., Borerro, J. C., & Reisser, J. (2014). Plastic pollution in the world's oceans: more than 5 trillion plastic pieces weighing over 250,000 tons afloat at sea. *PloS one*, 9-12.
- Estrada Castellón, E. V. (2005). Leguminosas del norte del estado de Nuevo León, México. *Acta botánica mexicana*, pp. 1-18.
- Eubeler, J. P., Zok, S., Bernhard, M., & Knepper, T. P. (2009). Environmental biodegradation of synthetic polymers I. Test methodologies and procedures. *TrAC Trends in Analytical Chemistry.*, 1057-1072.
- Fourier., A. d. (2011). *Técnicas Analíticas y equipos*. Retrieved from https://www.fisica.unam.mx/andreahtecnicas_equipos/ftir.html
- Gall, S. C., & Thompson, R. C. (2015). The impact of debris on marine life. *Marine pollution bulletin*, 170-179.

- Garnaud, J. C. (2000). "Plasticulture" magazine: a milestone for a history of progress in plasticulture. . *Plasticulture*, 30-43.
- Gregory, M. (1996). Plastic "scrubbers" in hand cleansers: a further (and minor) source for marine pollution identified. . *Marine pollution bulletin* 32(12), pp. 867-871.
- Grima, S., Bellon, M. V., Feuilloley, P., & Silvestre, F. (2000). Aerobic biodegradation of polymers in solid-state conditions: a review of environmental and physicochemical parameter settings in laboratory simulations. *Journal of Polymers and the Environmental.*, 183-195.
- Gu J., G., & Gu, J. D. (2005). Methods currently used in testing microbiological degradation and deterioration of a wide range of polymeric materials with various degree of degradability: a review. *Journal of Polymers and the Environment.*, 65-74.
- Hazelton, P. &. (2016). Interpreting soil test results: What do all the numbers mean? *CSIRO publishing*.
- INEN, N. 2. (2013). AGUA. CALIDAD DEL AGUA. MUESTREO. DISEÑO DE LOS PROGRAMAS DE DISEÑO. *SAMPLING. DESING OF SAMPLING PROGRAMMES*.
- Jambeck, J. R., Geyer, R., Wilcox, C., Siegler, T. R., Perryman, M., Andrady, A., & Law, K. L. (2015). Plastic waste inputs from land into the ocean. *Science*, 347-768-771-6223.
- Jambeck, J. R., Geyer, R., Wilcox, C., Siegler, T. R., Perryman, M., Andrady, A., & Law, K. L. (2015). Plastic waste inputs from land into the ocean. *Science*, 768-771.
- Juan, X. R. (2020, agosto 8). *Espectrofotómetro de infrarojo FTIR con ATR*. Retrieved from Grupo de Termodinámica y Físico-Química (TERFIQ): <https://www.upc.edu/sct/es/equip/56/espectrofotometro-infrarojo-ftir-atr.html>

- Kooi, M., Besseling, E., Kroeze, C., Van Wezel, A. P., & Koelmans, A. A. (2018). Modeling the fate and transport of plastic debris in freshwaters: review and guidance. *Freshwater microplastics*, 125-152.
- Lambert, S., & Wagner, M. (2016). Characterisation of nanoplastics during the degradation of polystyrene. *Chemosphere*, 265-268.
- Lebreton, L. C., Van Der Zwet, J., Damsteeg, J. W., Slat, B., Andrady, A., & Reisser, J. (2017). River plastic emissions to the world's oceans. *Nature communications*, 1-8-10.
- Lebreton, L. C., Van Der Zwet, J., Damsteeg, J. W., Slat, B., Andrady, A., & Reisser, J. (2017). River plastic emissions to the world's oceans. *Nature communications*, 1-10.
- Lebreton, L., Slat, B., Ferrari, F., Sainte, R. B., Aitken, J., Marthouse, R., & Reisser, J. (2018). Evidence that the Great Pacific Garbage Patch is rapidly accumulating plastic. *Scientific report*, 1-15.
- Marson, S., Welch, V. G., & Neratko, J. (2018). Synthetic polymer contamination in bottled water. *Frontiers in chemistry*, 6-407.
- McCauley, S. J., & Bjorndal, K. A. (1999). Conservation implications of dietary dilution from debris ingestion: sublethal effects in post-hatchling loggerhead sea turtles. *Conservation biology*, 925-929.
- Murphy, F., Ewins, C., Carbonnier, F., & Quinn, B. (2016). Wastewater treatment works (WwTW) as a source of microplastics in the aquatic environment. *Environmental science & technology*, 50(11), 5800-5808. Retrieved from <https://doi.org/10.1021/acs.est.5b05416>
- Navarro, R. P. (2010). Phthalate plasticizers covalently bound to PVC: plasticization with suppressed migration. *Macromolecules*, pp. 2377-2381.

- Navarro, R. P. (2010). Phthalate plasticizers covalently bound to PVC: plasticization with suppressed migration. . *Macromolecule*, pp. 2377-2381.
- PlasticEurope. (2012). *Plastics*. Retrieved from the Facts: <http://www.plasticseurope.org>
- Qi, Y., Yang, X., Pelaez, A. M., Lwanga, E. H., Beriot, N., Gertsen, H., & Geissen, V. (2018). Macro-and micro-plastics in soil-plant system: effects of plastic mulch film residues on wheat (*Triticum aestivum*) growth. *Science of the Total Environment*, 1048-1056.
- Rech, S., Macaya, C. 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.*, 1-18.
- Rillig, M. C. (2017). Microplastic incorporation into soil in agroecosystems. . *Frontiers in Plant Science*, p. 1805.
- Rillig, M. C. (2017). Microplastic incorporation into soil in agroecosystems. *Frontiers in Plant Science*.
- Royo, N. E., & Gallo, C. J. (2006). La gran problemática ambiental de los residuos plásticos: Microplásticos. *Journal de Ciencia e Ingeniería*. pp. 21-27.
- Royo, N. E., & Montoto, M. T. (2017). Retrieved from <http://hdl.handle.net/10553/56275>
- Royo, N. E., & Montoto, M. T. (2017). Basuras marinas, plásticos y microplásticos: orígenes, impactos y consecuencias de una amenaza global.
- Ruiz, M. J. (1996). LA ESPECTROSCOPIA RAMAN APLICADA A LA IDENTIFICACION DE MATERIALES PICTÓRICOS. *RAMAS DE ESTUDIANTES DEL IEEE*.
- Sarria, V. R., & Gallo, C. J. (2016). La gran problemática ambiental de los reduos plásticos: Microplásticos. In *Journal de Ciencia e Ingeniería*.

- Schimidt, N., Thibault, D., Galgani, F., Paluselli, A., & R., S. (2007). Occurrence of microplastic in surface waters of the Gulf of Lion. *NW*, 163, 214-220.
- Schwarz, A., & Van Emmerik, T. (2019). Plastic debris in rivers. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Water*, 7-398.
- SENAGUA., S. N. (2012). Construcción del Puente San Pablo en el canal San Antonio. Chone-Ecuador. *Construcción del Puente San Pablo en el canal San Antonio*.
- Sierra, I., Pérez, A., & Rodríguez, M. (2018, Agosto 24). *Desarrollo de un método para la identificación y cuantificación de residuos en aguas ambientales*. Retrieved from <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/18017>
- Sobejano Tornos, I. M. (2009). Estudio poblacional de actividad física en tiempo libre. . *Gaceta Sanitaria*, 127-132.
- Socrates, G. (2004). Infrared and Raman characteristic group frequencies: tables and charts. John Wiley & Sons.
- Thompson, R. O. (2004). Lost at sea: where is all the plastic? *Science*, pp. 838-838.
- Thompson, R. O. (n.d.). *Lost at sea: where is all the*. Retrieved from Science(Washington).
- Thompson, S. &. (2018). The critically reflective practitioner. . *Macmillan International Higher Education*.
- Valencia Muñoz, Y. (2014). *Análisis del sector plástico colombiano y sus exportaciones a la UE*. Retrieved from <http://repositorio.esumer.edu.co/bitstream/esumer/2287/1/An%C3%A1lisis%20del%20sector%20pl%C3%A1stico%20colombiano%20y%20sus%20exportaciones%20a%20la%20UE.pdf>

- Van der Wal, M., Van der Meulen, M., Tweehuijsen, G., Peterlin, M., Palatinus, A., Kovac Virsek, M., & Krzan, A. (2015). Identification and assessment of riverine input of (marine) litter. *JRC*, <http://mcc.jrc.ec.europa.eu/document.py>.
- Van Emmerik, T., Kieu-Le, T. C., Loozen, M., Van Oeveren, K., Strady, E., Bui, X. T., & Tassin, B. (2018). A methodology to characterize riverine macroplastic emission into the ocean. *Frontiers in Marine Science.*, 5-372.
- Van Emmerik, T., Strady, E., Kieu-Le, T. C., Nguyen, L., & Gratiot, N. (2019). Seasonality of riverine macroplastic transport. *Scientific reports*, 1-9.
- Vera, D. (2010). *FASCÍCULO PROVINCIAL COTOPAXI*. Retrieved from <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/wp-content/descargas/Manu-lateral/Resultados-provinciales/cotopaxi.pdf>
- Vickers, N. J. (2017). Animal communication: when i'm calling you, will you answer too? *Current biology*,, R713-R715.
- Villashañay, H. J. (2020). *Caracterización de pigmentos inorgánicos utilizados en pintura artística desde el siglo XVI hasta en siglo XX por Sistema de Imagen Multiespectral*. Quito. Retrieved from <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/22052/1/T-UCE-0008-CQU-267.pdf>
- Weinstein, J. E., Crocker, B. K., & Gray, A. D. (2016). From macroplastic to microplastic: Degradation of high-density polyethylene, polypropylene, and polystyrene in a salt marsh habitat. *Environmental Toxicology and Chemistry*,, 1632-1640.

ANEXOS

ANEXO 1: Fabricación de pluviómetros artesanales.



ANEXO 2: Registro fotográfico de colocación de pluviómetros artesanales en diferentes puntos de muestreo.



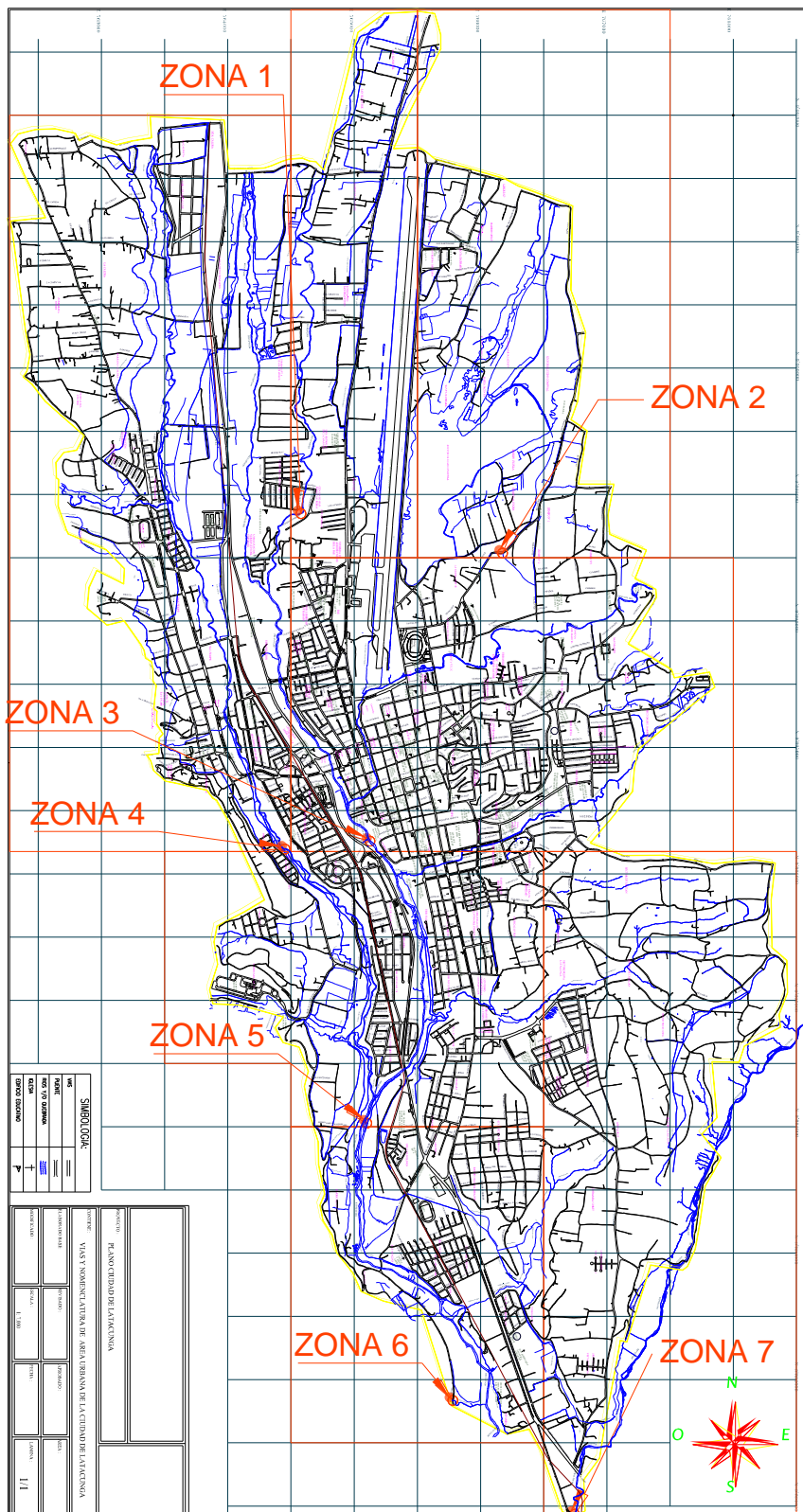


ANEXO 3: Recolección de muestras.





ANEXO 4: Mapa zona urbana de la ciudad de Latacunga

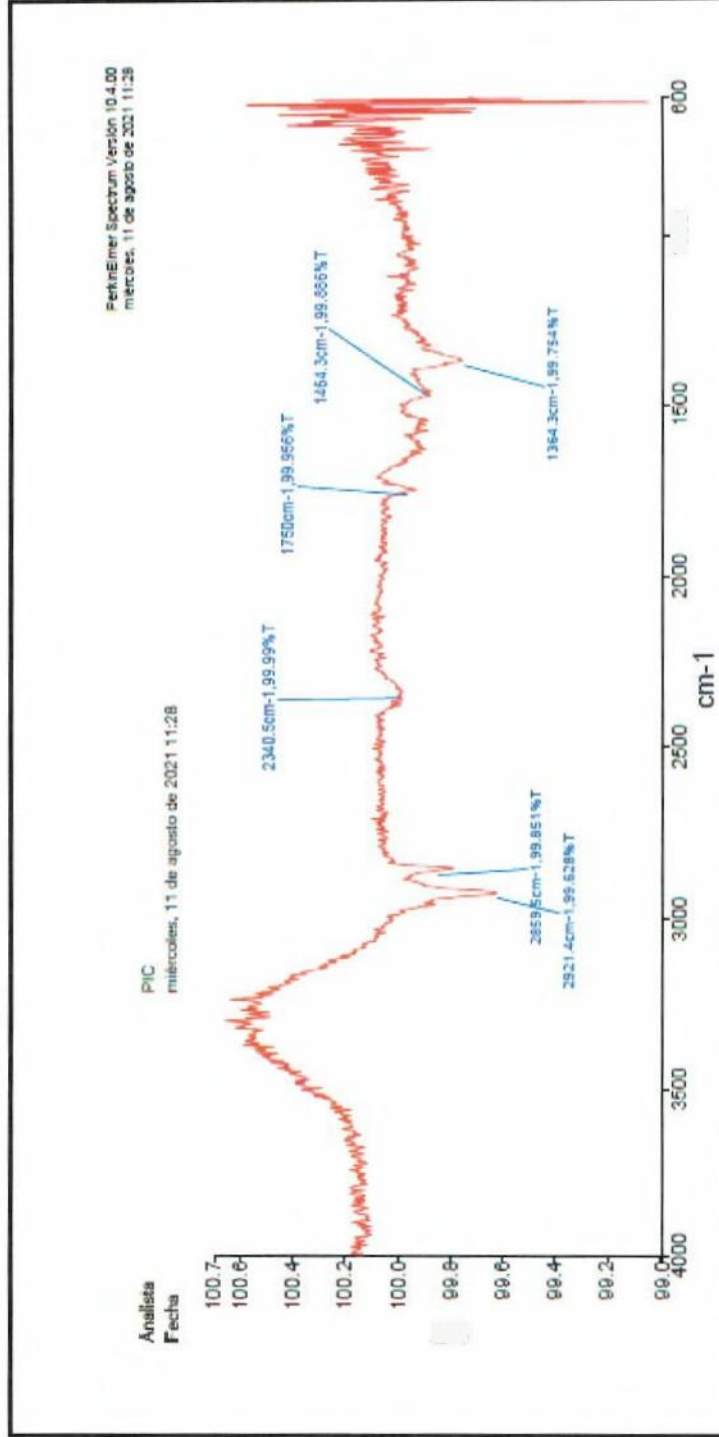


ANEXO 5: Informe de resultados- Espectroscopia Infrarrojo FT-IR*

UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA
DEPARTAMENTO DE PETRÓLEOS, ENERGÍA Y CONTAMINACIÓN

INFORME DE RESULTADOS
AGUAS

ANEXO
ESPECTRO 21-190.1



ADVERTENCIA: EL USUARIO DEBE EXIGIR EL ORIGINAL DEL INFORME COMPLETO O SOLICITAR UNA COPIA CONTROLADA
EL DPEC NO SE RESPONSABILIZA POR LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE INFORME

Universidad Central del Ecuador - Quito, Bolivia
Teléfono: 2904794 / 2544631 ext. 26
QUITO - ECUADOR
E-mail: fig.secretaria.dpec@uce.edu.ec



ANEXO 6: Aval de Traducción



AVAL DE TRADUCCIÓN

En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal **CERTIFICO** que: La traducción del resumen al idioma Inglés del proyecto de investigación cuyo título versa: “**DETERMINACIÓN DE MICROPLÁSTICOS EN LA PRECIPITACIÓN PLUVIAL URBANA DE LA CIUDAD DE LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI, PERIODO 2020-2021**” presentado por: **Diana Maricela Sailema Jiménez**, egresada de la Carrera de: **Ingeniería en Medio Ambiente**, perteneciente a la **Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales**, lo realizó bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo a la peticionaria hacer uso del presente aval para los fines académicos legales.

Latacunga, Agosto del 2021

Atentamente,

A handwritten signature in blue ink, reading 'Erika Cecilia Borja Salazar'.

Msc. Erika Cecilia Borja Salazar
DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS-UTC
CI: 0502161094



Firmado electrónicamente por:
MARCO PAUL BELTRAN SEMBLANTES



CENTRO DE IDIOMAS