



**UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
REY BALDUINO DE BÉLGICA - SEDE CONCEPCIÓN**

**ANÁLISIS DE LA VIABILIDAD DE EXTRACCIÓN DE NICOTINA A
PARTIR DE RESIDUOS DE CIGARRILLOS**

Trabajo de Titulación para optar al Título
de Ingeniero de Ejecución en Gestión y
Control Ambiental.

Alumna:
Henkel Nicole Buker Gutierrez

Profesor Guía:
Dr. Daniel Moena

Profesional Correferente:
Dr. Wilson Cardona

2023

ÍNDICE

RESUMEN.....	1
ABSTRACT.....	2
SIGLA Y SIMBOLOGÍA.....	3
SIGLA	3
SIMBOLOGÍA (<i>De acuerdo con lo estipulado por el Sistema Internacional de Unidades [SI]</i>)	3
INTRODUCCIÓN	4
OBJETIVO GENERAL	5
OBJETIVO ESPECÍFICOS	5
CAPÍTULO 1: COMPOSICION DEL CIGARRO Y SUS IMPLICACIONES AMBIENTALES	6
1. COMPOSICIÓN DE LOS CIGARRILLOS.....	7
1.1 ORIGEN DEL CIGARRO.....	7
1.1.2. Tabaco.....	7
1.2. COLILLAS	8
1.2.1. Filtro.....	8
1.2.2. Compuestos y sustancias contaminantes	8
1.3 IMPACTOS AMBIENTALES.....	14
1.3.1. Contaminación.....	14
1.4. IMPACTO EN PLAYAS Y ÁREAS COSTERAS.....	16
1.5 IMPACTO SOCIAL Y ECONÓMICO	17
1.5.1. Agenda 2023	17
1.6. ESTUDIO DE TOXICIDAD	18
1.6.1. Estudio de toxicidad de las colillas de cigarrillos para los peces marinos y de agua dulce	18
1.6.2. Estudio de toxicidad en el medio acuático: estudio de caso de la región del Golfo Pérsico	18
1.7. CONSUMO DE TABACO EN CHILE.....	20
1.8. EFECTOS A LA SALUD	20
1.9. NORMATIVA Y LEYES CHILENAS.....	21
1.9.1. Ley 21413.....	21
1.9.2. Campañas	22
1.9.3. Normativa internacional	22

1.10.	SUBPRODUCTOS DE COLILLAS DE CIGARRO	23
1.11.	¿Por qué extraer nicotina?	24
1.11.1.	Usos de la nicotina.....	24
1.11.2.	Valor de la nicotina	25
CAPÍTULO 2: METODOLOGÍA		26
2.1.	INSTRUMENTOS DE LABORATORIO	27
2.1.1	Soxhlet.....	27
2.1.2.	Rotavapor	28
2.1.3.	Campana de extracción de gases.....	28
2.1.4.	Espectrofotómetro.....	28
2.2.	REACTIVOS.....	29
2.2.1.	Diclorometano.....	29
2.2.2.	Hidróxido de Amonio (NH ₄ OH).....	29
2.2.3.	Ácido Clorhídrico (HCl)	30
2.3.	METODOLOGIA DE EXTRACCIÓN.....	30
2.3.1.	Selección de la muestra.....	31
2.3.2.	Extracción de la muestra.....	32
2.3.3.	Análisis de espectrofotometría	34
CAPÍTULO 3: RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....		36
3.1.	RESULTADOS	37
3.2.	DISCUSIÓN	38
CONCLUSIONES		40
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		41

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Sustancias tóxicas de los cigarrillos	9
Figura 2: Pez Saltarín del Fango Walton (Periophthalmus Waltoni).....	19
Figura 3: representación esquematizada del estudio de caso de la región del Golfo Pérsico	19
Figura 4: Imagen referencial a la empresa	23
Figura 5: Sistema de extracción Soxhlet.....	27
Figura 6: Colillas recolectadas desde el suelo en una instalación universitaria.....	30

Figura 7: Proceso de selección de colillas.....	31
Figura 8: Colillas de cigarrillos previa a extracción	31
Figura 9: Muestra extraída	32
Figura 10: Primera separación de fases luego de aplicado el HCl.....	33
Figura 11: Segunda separación por decantación luego de agregado el solvente DCM	33
Figura 12: Fase 3	34
Figura 13: Espectrofotómetro utilizado para las mediciones.....	35
Figura 14: Tabla de LO y ABS	37
Figura 15: Gráfico del Espectro de absorción de la muestra analizada	37

RESUMEN

Las colillas de cigarro pueden contener hasta 7000 sustancias, de las cuales la gran mayoría son dañinas para el medio ambiente. La nicotina considerada una de las más perjudiciales para el entorno, esta se encuentra presente entre estos compuestos. Debido a su capacidad como insecticida, hay un interés en investigar esta sustancia.

A nivel mundial, el tabaco constituye uno de los principales problemas al generar este desagradable residuo, aunque parezca inofensivo por su tamaño, este tiene un impacto ambiental significativo.

Con el objetivo de aprovechar la nicotina y retirarla del medio ambiente, este estudio busca poder emplear un método para la extracción de nicotina, usando como solvente diclorometano. La sustancia obtenida se sometió a análisis mediante espectrofotometría UV, revelando un pico de absorbancia en el rango de longitudes de onda entre 230 y 260 nm. Además, se evaluaron aspectos físicos, como el olor y el color, para afirmar que en la muestra extraída se logró obtener nicotina de manera efectiva.

ABSTRACT

Cigarette butts can contain up to 7000 substances, the majority of which are harmful to the environment. Nicotine, considered one of the most detrimental compounds to the environment, is present among these substances. Due to its insecticidal properties, there is an interest in researching this substance.

Globally, tobacco constitutes one of the main problems by generating this unpleasant residue, although it may seem harmless due to its size; it has a significant environmental impact. With the aim of harnessing nicotine and removing it from the environment, this study seeks to employ a method for nicotine extraction using dichloromethane as a solvent. The obtained substance underwent analysis through UV spectrophotometry, revealing an absorbance peak in the wavelength range between 230 and 260 nm. Additionally, physical aspects such as odor and color were evaluated to confirm that effective nicotine extraction was achieved in the obtained sample.

SIGLA Y SIMBOLOGÍA

SIGLA

LC50	: Dosis Letal 50
UV	: Ultravioleta
PAH	: Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos
TSNA	: Nitrosaminas Especificas del Tabaco
UTM	: Unidad Tributaria Mensual
REP	: Responsabilidad Extendida al Productor
LO	: Longitud de Onda
ABS	: Absorbancia
DCM	: Diclorometano

SIMBOLOGÍA *(De acuerdo con lo estipulado por el Sistema Internacional de Unidades [SI])*

nm	: Nanómetro
°	: Grado
C	: Celsius
g	: Gramo
€	: Euro
mg	: Miligramo

INTRODUCCIÓN

El hábito de fumar ha sido motivo de preocupación en términos de salud pública y ambiental durante varias décadas debido a sus efectos perjudiciales para la salud humana [1]. Además de los riesgos vinculados al acto de fumar, las colillas de cigarrillos plantean un serio problema de contaminación ambiental, ya que millones de ellas son arrojadas al medio ambiente, contaminando suelos, cuerpos de agua y áreas urbanas.

La necesidad urgente de abordar este problema ha impulsado la búsqueda de soluciones innovadoras que no solo reduzcan la contaminación, sino que también puedan aprovechar de manera responsable los componentes del tabaco. De esta necesidad surge la propuesta de extraer la nicotina presente en las colillas para su posterior uso y beneficio.

La nicotina, un compuesto alcaloide presente en el tabaco, es conocida por su potencial adictivo, pero también tiene aplicaciones en campos como la investigación científica y la terapia de reemplazo de nicotina para ayudar a las personas a dejar de fumar.

A pesar de los efectos negativos a la salud, este componente en su forma pura tiene el potencial de ser un componente farmacéutico. Lo que acciona la nicotina en el cuerpo es estimular la liberación de neurotransmisores, como las catecolaminas y la serotonina. Cuando esta se consume de forma crónica puede producir reducción de peso corporal, mejora del rendimiento, lucha contra la enfermedad del Parkinson, lucha contra la enfermedad de Tourette, contra la enfermedad del Alzheimer, apnea del sueño, entre otras. La fiabilidad de estos efectos varía, pero justifica la búsqueda de aplicaciones terapéuticas para este compuesto.

Es por esto que en este trabajo se propone explorar la adaptación y desarrollo de un proceso de extracción de nicotina a partir de colillas de cigarrillos recolectadas en el medio ambiente. [1]

OBJETIVO GENERAL

- Aplicar métodos de extracción química con el propósito de obtener nicotina a partir de los residuos de colillas de cigarrillos.

OBJETIVO ESPECÍFICOS

- Aplicar un método de extracción química para la extracción de nicotina desde colillas de cigarro.
- Investigar acerca de la toxicidad y posibles efectos adversos al medio ambiente que tienen los componentes de las colillas de cigarrillos, específicamente la nicotina.

CAPÍTULO 1: COMPOSICION DEL CIGARRO Y SUS
IMPLICACIONES AMBIENTALES

1. COMPOSICIÓN DE LOS CIGARRILLOS

1.1 ORIGEN DEL CIGARRO

El origen del cigarrillo se remonta a la época de los mayas, quienes cultivaban tabaco con propósitos medicinales alrededor del año 2500 a.C. Además de cultivarlo, también lo inhalaban y fumaban. Durante la Era de los Descubrimientos, destacados exploradores como Cristóbal Colón, al descubrir el tabaco en 1492 en una pequeña isla de las Antillas Menores frente a las costas de Venezuela, lo introdujeron en Europa. En la traducción al español, el término adoptado fue "tabaco", mientras que los portugueses lo denominaban "tabago".[2]

1.1.2. Tabaco

El tabaco constituye una planta cuyas hojas se cultivan, secan y fermentan para su posterior utilización en diversos productos. Su denominación científica es "Nicotinia Tabacum", y su composición principal incluye la Nicotina, un compuesto psicoactivo altamente adictivo y un pesticida natural para plantas [3]. El uso de las hojas de tabaco se remonta aproximadamente a 8 mil años en lo que hoy conocemos como el continente americano, siendo originario de Sudamérica y cultivado en regiones tropicales y subtropicales. A lo largo de la historia, se ha empleado con propósitos medicinales y en la fabricación de productos destinados al tratamiento de problemas cutáneos [4].

1.2. COLILLAS

La colilla es la parte de un cigarrillo que queda cuando alguien termina de fumar, son pequeñas y suelen pasar desapercibidas, pero se esconden en casi todas partes. Al contrario de lo que muchos creen, las colillas de cigarrillo son peligrosas para el medio ambiente. Están hechos de acetato de celulosa, un material plástico artificial, y contienen cientos de sustancias químicas tóxicas. Si bien los filtros de los cigarrillos, o la parte plástica de las colillas, pueden tardar hasta 25 años en degradarse por completo, las sustancias químicas que liberan pueden permanecer en el medio ambiente durante muchos más años, más allá de la vida útil de la propia colilla.[5]

1.2.1. Filtro

La función principal del filtro de cigarrillo es atrapar las sustancias químicas perjudiciales presentes en el cigarrillo, protegiendo así la salud. Sin embargo, esta retención hace que el filtro, una vez utilizado, contenga componentes altamente contaminantes, convirtiéndolo en un residuo peligroso. Además, el filtro también cumple la función de enfriar el humo para facilitar su inhalación.

Aproximadamente entre el 80% y el 97% de los filtros fabricados globalmente están compuestos de acetato de celulosa. Este material es un polímero sintético que se obtiene al tratar celulosa natural de la madera o el algodón con ácido acético, dióxido de titanio y triacetato de glicerina mediante un proceso industrial. Durante este proceso, se incorporan las características clásicas de un filtro de cigarrillo al acetato de celulosa. [6]

1.2.2. Compuestos y sustancias contaminantes

En 1992, la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos catalogó el humo del tabaco ambiental como uno de los carcinógenos más peligrosos para los humanos, clasificándolo como un carcinógeno de Grupo A. El humo del tabaco está compuesto por más de 4,000 sustancias químicas, de las cuales aproximadamente 60 son carcinógenos conocidos. La mitad de estos compuestos se encuentran de manera

natural en la hoja verde del tabaco, mientras que el resto se genera durante la combustión del tabaco. La compleja mezcla de sustancias químicas en el humo del tabaco incluye monóxido de carbono, cianuro de hidrógeno, benceno, formaldehído, nicotina, fenol, hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAH) y nitrosaminas específicas del tabaco (TSNA). Es importante destacar que solo la fase de partículas, que representa aproximadamente el 5% de la producción total del cigarrillo, es visible. Estas son algunas de las sustancias químicas que se encuentran en el humo del cigarrillo: acetona, ácido acético, amoníaco, arsénico, benceno, butano, cadmio, monóxido de carbono, formaldehído, hexamina, plomo, metanol, nicotina, alquitrán y tolueno. [7]



Figura 1: Sustancias tóxicas de los cigarrillos

1.2.2.1. Acetona

La acetona es una sustancia química que se puede encontrar naturalmente en el medio ambiente y también se puede producir artificialmente. Es un líquido incoloro con un distintivo olor y sabor. Se evapora fácilmente en el aire, es inflamable y se disuelve en el agua. Se usa para disolver otras sustancias y para producir plásticos, pinturas, recubrimientos, y productos de limpieza y de cuidado personal.

La acetona es una sustancia química que se puede encontrar naturalmente en el medio ambiente y también como artificialmente. Este es un líquido incoloro que se evapora fácilmente en el aire, es inflamable y se disuelve en agua. Se utiliza para disolver otras sustancias y para producir plásticos, pinturas, recubrimientos, productos de limpieza y cuidado personal. [8]

1.2.2.2. Ácido acético

El ácido acético es un líquido incoloro. Tiene propiedades altamente corrosivas e irritantes. Este es más conocido como vinagre. El uso de este compuesto es en la industria alimentaria, industrial, química y cosmética. [9]

1.2.2.3. Amoníaco

El amoníaco es un gas compuesto por hidrogeno y nitrógeno. Tiene un olor fuerte y puede irritar la piel, ojos, nariz, garganta y pulmones. El amoníaco lo producen las bacterias, plantas o animales que se descomponen. Este se utiliza para medicamentos, fertilizantes, líquidos de limpieza doméstica y otros productos. También se agrega a los cigarrillos para aumentar el efecto de la nicotina en el cuerpo. [10]

1.2.2.4. Arsénico

El arsénico es un elemento natural de la corteza terrestre, este se encuentra en el aire, agua y tierra. En la forma inorgánica es muy tóxico.

El arsénico se utiliza en la industria como un agente de aleación, como para el proceso del vidrio, pigmentos, textiles, papel, adhesivos y protectores de madera.

Las personas que fuman pueden estar expuestas al arsénico debido a que las plantas de tabaco pueden absorber el arsénico de forma natural del suelo. [11]

1.2.2.5. Benceno

Este compuesto es una sustancia líquida, incolora o de color amarillo claro. Se utiliza principalmente como solvente en la industria química y farmacéutica.

El humo del cigarro presenta una concentración de benceno. [12]

1.2.2.6. Butano

El butano es un hidrocarburo incoloro e inodoro de características inflamable. Este se encuentra en la gasolina y también está presente en la combustión del tabaco. [13]

1.2.2.7. Cadmio

El cadmio es un metal que se encuentra en la corteza terrestre. El cadmio puro es un metal blando de color plateado. Este componente se utiliza para las baterías.

El cadmio se concentra en las hojas del tabaco. [14]

1.2.2.8. Monóxido de carbono

El monóxido de carbono es un gas incoloro que se produce por la combustión incompleta del carbón. Los seres humanos están expuestos a monóxido de carbono por el humo del cigarro. [15]

1.2.2.9. Formaldehído

El formaldehído es una sustancia química inflamable, incolora y de fuerte olor, es un producto que se produce a nivel industrial. Este se utiliza para construcción de materiales como tableros. Se utiliza además como fungicida, germicida y desinfectante. También es un producto de la combustión que se encuentra en el humo de tabaco. [16]

1.2.2.10. Hexamina

La hexamina es un compuesto químico que se forma mediante la reacción del formaldehído y el amoníaco, este se presenta en forma de cristales blancos o polvo. Este se utiliza para diferentes procesos como en combustible, productos farmacológicos y en explosivos. [17]

1.2.2.11. Plomo

El plomo se encuentra de manera natural en la corteza terrestre, en pequeñas cantidades. Este posee características beneficiosas, pero es tóxico para los seres humanos y animales, causando efectos perjudiciales para la salud. [18]

1.2.2.12. Metanol

El metanol es un tipo de alcohol. Este se utiliza para fabricar anticongelantes, plaguicidas, líquido limpiavidrios, diluyente y otras sustancias. Este es altamente inflamable y venenoso. Es uno de los componentes dañinos en el humo del tabaco. [19]

1.2.2.13. Alquitrán

El alquitrán es una sustancia grasa y oscura, y de olor derivado del petróleo. Este actúa como preservante, para el tratamiento de maderas duras. Esta sustancia química se produce cuando se quema el tabaco. [20]

1.2.2.14. Nicotina

La nicotina es un compuesto que se extrae de las hojas del tabaco, es el causante del placer y adicción que conlleva fumar cigarro. [21]

1.2.2. Nicotina Tabacum L

La nicotina aparece como un líquido de incoloro a amarillo claro. Es un combustible y puede ser tóxico por inhalación y si hay contacto con la piel. Este produce óxido de nitrógeno a partir de su combustión.

La nicotina se obtiene de las hojas de tabaco molidas con una mezcla de cloruro de bario y además de cloroformo con tolueno en una proporción de 1:9. Es el alcaloide principal en productos del tabaco. Ejerce dos efectos, un efecto estimulante ejercido en el *locus ceruleus* y un efecto de recompensa en el sistema límbico.[22]

Los síntomas de una sobredosis incluyen náuseas, dolor abdominal, vómitos, diarrea, diaforesis, enrojecimiento, mareos, alteraciones de la audición y la visión, confusión, debilidad, palpitaciones, alteración de la respiración e hipotensión. LD50= 24 mg/kg (por vía oral en ratones). [23]

1.2.3. Sales de nicotina

Antes de extraer la nicotina de la hoja, esta tiene una composición pura de una sal. Para extraer esta nicotina se necesita el reactivo de amoníaco para facilitar el rendimiento de esta extracción, con el objetivo de aumentar su pH y alterar su estructura. La combinación del amoníaco (NH₃) con la nicotina es lo que se conoce como nicotina de base libre. [24]

1.2.4. Efectos farmacológicos

Cuando seres humanos, mamíferos y la mayoría de otros animales se exponen a la nicotina, experimentan cambios en su frecuencia cardíaca, la cantidad de oxígeno que el músculo cardíaco consume y el volumen de los latidos cardíacos. Estos cambios son conocidos como efectos farmacológicos.[25]

1.2.5. Efectos psicodinámicos

Uno de los efectos que causa el consumo de la nicotina es el mayor estado de alerta, euforia, sensación de placer y relajación. [25]

1.2.6. Adicción

Fisiológicamente se ha demostrado que la nicotina genera un fenómeno conocido como tolerancia. Esto significa que después de varias horas de consumir una cantidad significativa de nicotina, el efecto de la sustancia disminuye. En respuesta, los fumadores tienden a aumentar la dosis para lograr nuevamente una acumulación de nicotina en el cuerpo que les resulte satisfactoria. [26]

Los síntomas de abstinencia pueden incluir: antojos, sensación de vacío, mal humor, depresión, irritabilidad.

1.3 IMPACTOS AMBIENTALES

Las colillas de cigarrillos se destacan como una de las principales fuentes de basura a nivel mundial. No solo contienen hasta 7000 sustancias tóxicas concentradas en sus filtros, sino que también pueden tomar hasta 25 años para degradarse por completo [27]. La disposición inadecuada de estos residuos plantea una considerable problemática ambiental, generando impactos significativos.

Se estima que los fumadores descartan anualmente entre 4.5 y 5.6 billones de colillas de cigarrillos en todo el mundo, lo que se traduce en aproximadamente 18.000 millones de colillas al día. Estas cifras las colocan como el principal tipo de residuo arrojado en espacios públicos, según Environmental Research and Public Health [28].

1.3.1. Contaminación

1.3.1.1. Suelo

En la actualidad, las colillas de cigarrillos constituyen la forma más prevalente de desechos en las áreas públicas, con aproximadamente el 75% de ellas siendo abandonadas en el entorno. Diversos factores, como la exposición a los rayos solares, la presencia de microorganismos y la lluvia, influyen en su proceso de descomposición. Cuando las colillas se descomponen en entornos terrestres, las sustancias liberadas pueden conducir a la pérdida de fertilidad en las superficies y

convertirlas en impermeables. Además, la presencia de estos residuos en el suelo aumenta la concentración de nicotina y metales pesados, alterando su composición original y afectando a la flora y fauna.

Un dato de importancia es que la industria tabaquera utiliza anualmente 200.000 hectáreas de tierra [29].

1.3.1.2. Agua

Durante la producción de tabaco y la posterior elaboración de cigarrillos, se emplean numerosos productos químicos, algunos de los cuales persisten en los cigarrillos destinados al consumo. Estos pueden incluir pesticidas, herbicidas, insecticidas y rodenticidas. Además, es importante señalar que estos cigarrillos pueden contener más de 4000 sustancias químicas tóxicas, las cuales tienen el potencial de ser liberadas en el medio ambiente. Investigaciones han demostrado que los lixiviados de cigarrillos y los filtros ahumados poseen una toxicidad extremadamente perjudicial para los entornos acuáticos.

Un dato de relevancia es que la industria tabaquera utiliza anualmente 22.000 millones de litros de agua [30].

1.3.1.3. Aire

La industria tabaquera desempeña un papel significativo en la contribución al calentamiento global, liberando anualmente 80 millones de toneladas de dióxido de carbono (CO₂) al medio ambiente. Esta cantidad es equivalente a la emisión de gases generada por 17 millones de automóviles a gasolina circulando durante un año.

Las colillas de cigarro emiten contaminantes tóxicos en forma gaseosa hacia la atmósfera. Dependiendo de la volatilidad de los compuestos, algunos pueden quedar retenidos por el filtro. Es importante señalar que el arsénico y el cobalto, identificados por la Administración de Alimentos y Medicamentos de los Estados Unidos como potencialmente perjudiciales para la salud, se encuentran presentes en estas emisiones [31].

1.3.1.4. Microplástico

La problemática de la contaminación por microplásticos ha adquirido una creciente preocupación en la comunidad científica. Estos microplásticos son partículas con un tamaño inferior a 5 mm que se desprenden de productos plásticos. Las colillas de cigarrillos contribuyen a la presencia de microplásticos debido a las microfibras liberadas por el envoltorio de acetato de celulosa. Estas colillas, además, representan uno de los tipos más comunes de microplásticos en el entorno, y es relevante destacar que son uno de los elementos más recolectados durante las operaciones de limpieza en las playas.

En un estudio recientemente publicado [32], cuyo objetivo era evaluar la tasa de desprendimiento de microplásticos de las colillas a través de la liberación de microfibras, se encontró que los filtros usados liberaban aproximadamente $<0,2$ mm por día. Como resultado de esta liberación, se estima que alrededor de 0,3 millones de toneladas de microfibras potenciales podrían llegar al ambiente acuático anualmente.

1.4. **IMPACTO EN PLAYAS Y ÁREAS COSTERAS**

Las colillas de cigarro representan una importante fuente de contaminación en las playas y áreas costeras. A primera vista, estas pequeñas piezas pueden parecer inofensivas, pero en realidad contienen una mezcla de sustancias químicas perjudiciales que se liberan en el agua y el suelo a medida que desintegran. Los filtros de los cigarrillos, fabricados con fibras plásticas, pueden perdurar en el medio ambiente durante un largo periodo, contribuyendo a la acumulación de microplásticos y causando daño a la vida marina. A medida que las colillas se descomponen, liberan sustancias químicas que empeoran la situación. Esto no solo afectan al medio ambiente, sino que también representa un riesgo para la fauna marina, ya que podrían confundir las colillas con alimentos, lo que daña su salud y afecta al ecosistema en general. Este problema se ve agravado por la dificultad que enfrentan los servicios de limpieza para mantener las playas libres de colillas.

Las colillas son difíciles de recoger manualmente debido a su pequeño tamaño y dispersión. Además, las máquinas de limpieza convencionales a menudo no son

efectivas para eliminar estos diminutos desechos. La malla de estas máquinas, diseñadas para no extraer materiales naturales, tiene un tamaño similar a la de las colillas, lo que resulta en que estas vuelvan a depositarse en las playas. [33]

1.5 IMPACTO SOCIAL Y ECONÓMICO

El consumo del tabaco es una de las principales amenazas para la salud de las personas, debido a enfermedades a largo plazo que se van formando, esta incluye cardiovasculares, cáncer, diabetes y enfermedades respiratorias crónicas. Estas causan la muerte de más de 1 millón de personas en América del Sur al año, lo que contribuye a un gran aumento en la inversión económica para la salud.

El consumo del tabaco puede reducir la productividad al retirar permanente o temporalmente a las personas del mundo laboral, debido a la salud precaria que hace el consumo del tabaco.

Otro impacto negativo es el empobrecimiento de las familias, debido a la mala administración de dinero convirtiendo en una primera necesidad el tabaco.

Además de dar una mala imagen la mala disposición de colillas de cigarro en las calles, playas, parques, entre otros. [34]

1.5.1. Agenda 2023

La Agenda 2030 expone que el consumo del tabaco es incompatible con las metas propuestas para el desarrollo sostenible. La meta 3.a *Fortalecer la aplicación del Convenio Marco de la Organización Mundial de la Salud para el Control del Tabaco en todos los países*, según proceda. Los estados se comprometen a conseguir una reducción de un tercio en la mortalidad prematura de enfermedades provocadas por el tabaco. [35]

1.6. ESTUDIO DE TOXICIDAD

1.6.1. Estudio de toxicidad de las colillas de cigarrillos para los peces marinos y de agua dulce

En un estudio publicado sobre la determinación de la toxicidad de las colillas de cigarro en el medio marino, del cual se utilizó un bioensayo de peces de la agencia de protección ambiental de Estados Unidos, se analizó la toxicidad acuática del lixiviado derivado de las colillas de cigarro.

Se utilizó un pez de cabeza gorda de agua dulce (*Pimephales promelas*) y un pez marino

(*Atherinops affinis*) utilizando la relación de 1 colilla en 1 litro de agua.

Para generar el lixiviado, se sumergieron colillas de cigarro en agua dulce y salada con una dilución de agua mineral durante 24 horas. Se utilizaron un total de 20 peces. La supervivencia fue el criterio de valorización evaluado y los datos se analizaron para identificar la concentración media del efecto letal de LC50, se traduce a que el lixiviado de colilla de cigarro en una mortalidad del 50%.

Los resultados del lixiviado de colillas de cigarro son extremadamente tóxicos para el pez de agua dulce y salada. [36]

1.6.2. Estudio de toxicidad en el medio acuático: estudio de caso de la región del Golfo Pérsico

En un estudio publicado sobre la determinación de la toxicidad sobre el contenido químico y toxicidad de los lixiviados de las colillas de cigarro, en este se evaluaron los efectos tóxicos in vivo de diversas concentraciones de lixiviados de las colillas de cigarro en peces juveniles, se utilizaron los bioindicadores del pez Saltarín del Fango de Walton (*Periophthalmus Waltoni*). Este estudio se realizó de acuerdo con los protocolos de toxicidad aguda de la Agencia de Protección Ambiental de EE. UU (US EPA).

Los valores de CL50 de lixiviados de colillas de cigarro fumados (CCF) fueron 3,75, 3,0 1,94 y 1,37 CCF/L en tiempos de exposición de 24, 48, 72 y 96 h. [37]



Figura 2: Pez Saltarín del Fango Walton (*Periophthalmus Waltoni*)

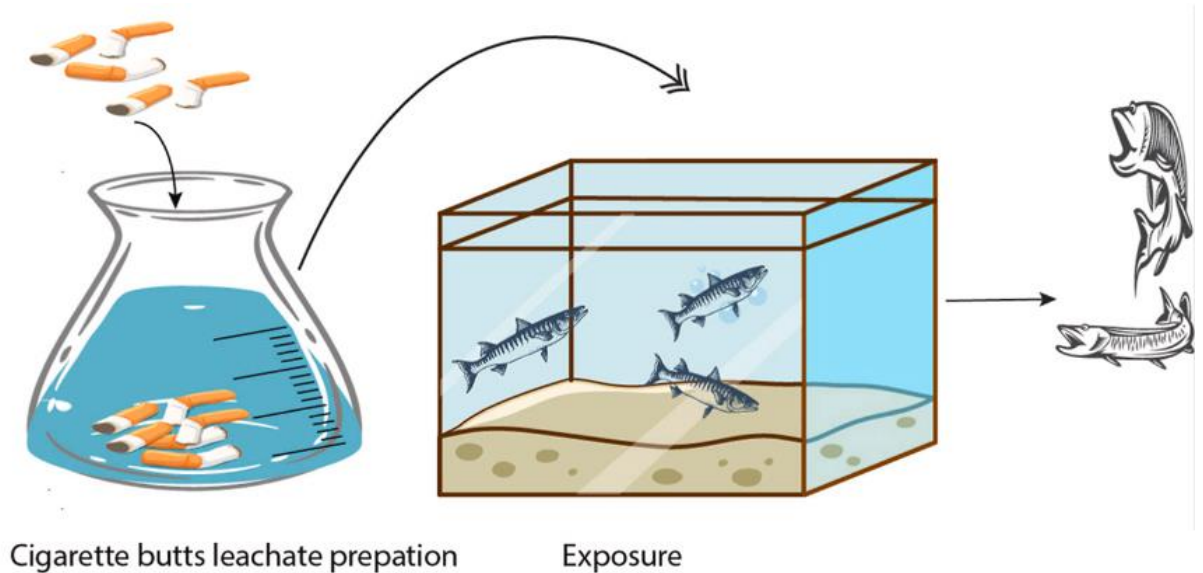


Figura 3: representación esquematizada del estudio de caso de la región del Golfo Pérsico

1.6.3. Estudio de toxicidad de las colillas de cigarros en la germinación de plantas a base de semillas

Se realizó un estudio en base del lixiviado de las colillas de cigarro en la germinación y el desarrollo de las plantas en su etapa de crecimiento. En la prueba de toxicidad se utilizaron semillas de *Sinapis alba L.* y *Hordeum vulgare l.* De los resultados se desprende que mientras menos concentración de las colillas de cigarro en el medio de cultivo tiene un efecto positivo en las plantas, sin embargo, la *Hordeum vulgare L.* expresa mayor resistencia toxica que la *Sinapis alba L.* Además se demostró que en una alta concentración de las colillas de cigarro tiene efectos negativos radicales en el crecimiento de las plantas. [38]

1.7. CONSUMO DE TABACO EN CHILE

En Chile, el tabaquismo cobra la vida de 52 personas diariamente, representando el 16% de los fallecimientos en el país. Cada año, el tabaco provoca enfermedades en más de 62 mil individuos debido a enfermedades pulmonares crónicas (EPOC), afecta a más de 31 mil personas con enfermedades cardíacas, ocasiona la hospitalización de más de 12 mil personas debido a Accidentes Cerebrovasculares, y contribuye al desarrollo de cáncer en más de 8,500 personas [39].

1.8. EFFECTOS A LA SALUD

El tabaquismo aumenta de manera significativa el riesgo de desarrollar enfermedades cardiovasculares, como ataques al corazón, accidentes cerebrovasculares, problemas vasculares y aneurismas. Estas enfermedades representan el 40% de todas las muertes vinculadas al hábito de fumar. La enfermedad coronaria, principal causa de mortalidad en los Estados Unidos, está estrechamente asociada con la práctica de fumar, además de estar vinculada a otros trastornos de salud graves, como enfermedades reumáticas, inflamación y debilitamiento del sistema inmunológico.

El impacto del acto de fumar no se limita solo a quienes lo practican, sino que también afecta a quienes están a su alrededor. Las colillas de cigarro, residuos comunes del tabaquismo, plantean un grave problema ambiental. A menudo, estas colillas son arrojadas al suelo, contaminando fuentes de agua y entornos naturales. Aunque los filtros de cigarrillos están diseñados para retener algunas sustancias tóxicas presentes en el humo del tabaco, terminan convirtiéndose en portadores de químicos peligrosos. Cuando las colillas llegan a ríos, lagos u océanos, liberan sustancias como nicotina, alquitrán y metales pesados, contaminando el agua y poniendo en riesgo la vida acuática. Los peces y otros animales acuáticos pueden ingerir estas colillas, lo que tiene efectos adversos en su salud y en la cadena alimentaria.

Además, en entornos terrestres, las colillas arrojadas al suelo pueden liberar productos químicos que contaminan el suelo, afectando la salud de las plantas y animales que lo

habitan. También representan un riesgo para niños y mascotas que podrían recogerlas y entrar en contacto con las sustancias nocivas que contienen.

En conclusión, el hábito de fumar tiene repercusiones negativas tanto en la salud de las personas como en el medio ambiente, a través de la generación de colillas y la liberación de sustancias tóxicas en los entornos naturales [40].

1.9. NORMATIVA Y LEYES CHILENAS

1.9.1. Ley 21413

Esta ley modifica la ley 19.419, para lograr el objetivo señalado, esta agrega la prohibición de fumar en playas de mar, río o lago, en una distancia de 80 metros.

Además, establece que en los lugares donde está prohibido fumar a excepción al aire libre como por ejemplo aeropuertos, escuelas, teatros, entre otros. Deberán colocar ceniceros para evitar que los filtros sean arrojados en la vía pública.

El ente fiscalizador en playas para dar cumplimiento a la normativa es la autoridad marítima en el caso de playas y ríos. [41]

Además, modifica el valor de multa de 2 unidades tributarias mensuales (UTM) a 1 a 4 UTM.

Finalmente, para todo aquel individuo que ensucie, arroje o abandone basura en índole de playa, ríos, lagos, parques nacionales, reservas nacionales, monumentos naturales o en otras áreas de conservación de la biodiversidad, establece una pena que obliga a la prestación de servicios comunitarios que consiste en la limpieza de playa, ríos o lagos, debiendo haber consentimiento por parte del sujeto, en caso de no haber consentimiento deberá pagar una multa de 1 a 4 UTM.

1.9.2. Campañas

El Ministerio de Medio Ambiente ha implementado intervenciones a través de campañas destinadas a prevenir la proliferación de colillas de cigarrillos en playas, ríos y áreas públicas, con el propósito de mitigar los impactos ambientales que estas generan en nuestro entorno.

En 2019, bajo la gestión de la ministra Schmidt, se lanzó la iniciativa #ChaoColillas, centrada en abordar el problema de las colillas arrojadas en playas y ríos. Esta campaña refuerza las modificaciones a la Ley relacionadas con el consumo y la gestión de residuos de tabaco. En virtud de estas actualizaciones, se prohíbe fumar en playas, ríos o lagos, así como arrojar colillas de cigarrillo en áreas públicas. Aquellas personas que incumplen esta normativa y desechan colillas de cigarrillo en lugares no autorizados se exponen a multas que oscilan entre 1 y 4 Unidades Tributarias Mensuales (UTM). Asimismo, en establecimientos como instituciones académicas, aeropuertos y cafeterías, donde está permitido fumar, se requiere la disposición de lugares específicos para desechar las colillas de cigarro [42].

1.9.3. Normativa internacional

La Ley de Fomento al Reciclaje de la Responsabilidad Extendida al Productor es una normativa internacional que abarca a 36 países. Su objetivo principal es imponer a las empresas productoras (fabricantes e importadoras) la responsabilidad de gestionar los productos prioritarios al final de su vida útil.

Esta legislación también incentiva a los productores a tener en cuenta los costos asociados con la gestión de sus productos cuando estos se convierten en residuos. En Argentina, se han implementado medidas específicas para abordar la problemática de las colillas de cigarrillos en el marco de la Ley REP. Después de dos años de arduo trabajo por parte de la campaña 'Ojo con la Colilla', se logró que en 2022 hubiera consenso entre los legisladores para presentar un proyecto de ley de presupuestos mínimos. El propósito de este proyecto es obligar a las compañías tabacaleras a asumir la gestión integral de sus residuos, de acuerdo con los principios establecidos por la Ley REP [43].

1.10. SUBPRODUCTOS DE COLILLAS DE CIGARRO

Debido a la gran problemática del impacto de este residuo, se ha dado la importancia a la economía circular de dar una segunda vida a las colillas de cigarros, uno de los subproductos que se han realizado es un abrigo a partir de la idea de un estudiante de ingeniería civil. El proyecto de Julien Paque nació cuando vio una colilla abierta tirada en el suelo. Este observó que el material de la colilla parecía de un material aislante. Tras esto, en primera instancia desarrolló un proceso para separar la ceniza, el tabaco y la hoja de papel que rodea a la colilla y después mezclarla en una licuadora. La fibra recuperada de este proceso fue estudiada en un laboratorio para determinar si era tóxica para su uso.

Una vez confirmado que podía utilizarse sin riesgo, Julien Paque obtuvo el material aislante con el que creó un abrigo para el invierno hecho solo con materiales sustentables, además de 3 mil 500 colillas recicladas.

En Chile existe una empresa, en la cual esta se encarga de realizar la economía circular a través de la recolección de colillas de cigarros, ellos se encargan de extraer el acetato de celulosa de este residuo para posteriormente confeccionar maceteros, porta vasos, productos decorativos, entre otros. El plástico que se logra fabricar a través de este proceso es el Celion (figura 4). [44]



Figura 4: Imagen referencial a la empresa

1.11. ¿Por qué extraer nicotina?

La remoción de las colillas de cigarrillos del entorno es esencial debido a la presencia de materiales tóxicos, como residuos de tabaco y filtros de plástico, en estas colillas. Cuando son descartadas en el medio ambiente, las colillas pueden contaminar el agua, causar daño a la vida marina, contribuir a la acumulación de microplásticos y plantear riesgos para la salud humana. Además, la correcta eliminación de las colillas no solo ayuda a prevenir incendios forestales, sino que también fomenta entornos más limpios y sostenibles.

La extracción de la nicotina de las colillas no solo sería beneficiosa para el medio ambiente, sino que también podría generar valor al ofrecer oportunidades de reutilización.

Se podrían explorar diversos usos, como utilizarla como insecticida o en la fabricación de jabones, entre otras aplicaciones.

1.11.1. Usos de la nicotina

La nicotina es un compuesto orgánico alcaloide que se encuentra en las hojas de tabaco de forma natural. Es la sustancia química que se encuentra en los cigarrillos, lo que hace característica esta sustancia es la adicción. [45]

Uno de los usos que se le da a la nicotina fue en 1789 en la localidad de Australia con el objetivo de proteger la industria agrícola, este era un control de insectos. [46]

Según un estudio de la base de datos de la Revista Internacional de Ingeniería Química se realizó un ensayo con la nicotina de los desechos de colillas de cigarro en la especie pulgones de la col, este se caracteriza por estar en el repollo. El propósito de la investigación es caracterizar y mejorar la recuperación de nicotina a partir de los desechos de cigarrillos. [47]

1.11.2. Valor de la nicotina

No es posible asignar un valor exacto a la nicotina, ya que esta se extrae exclusivamente de las hojas de tabaco. No obstante, existen estándares de laboratorio para la nicotina que permiten realizar estimaciones sobre el valor comercial de esta sustancia.

- (-)-Nicotine for synthesis. CAS 54-11-5, pH 10.2 (8.1 g/l, H₂O, 20 °C) en Merck tiene un valor de 83.100CLP, el frasco de 100 ml.
- Nicotina, SPEX CertiPrep™ en Fisher Scientific tiene un valor de 87.95€ / 1 ml en un frasco de 2 ml. Las disparidades en los valores subrayan las considerables variaciones en el precio de la nicotina como sustancia en sí, lo que complica la asignación de un valor aproximado. Estas diferencias están directamente relacionadas con la pureza y las concentraciones presentes en los patrones mencionados anteriormente [48].

La extracción de nicotina podría resultar rentable por varias razones:

- Industria Farmacéutica: La nicotina se utiliza en la producción de medicamentos para dejar de fumar, como parches y chicles de nicotina. La demanda de estos productos podría generar un mercado estable.
- Industria Agrícola: La nicotina presenta potencial como insecticida natural en la industria agrícola. Los agricultores podrían mostrar interés en adoptarla como una alternativa más amigable con el medio ambiente en comparación con los insecticidas químicos convencionales.
- Investigación Científica: La nicotina desempeña un papel crucial en estudios y experimentos vinculados a la neurociencia y otras ramas científicas. Los investigadores podrían requerir cantidades significativas de nicotina purificada para llevar a cabo sus investigaciones.
- Potencial de Innovación: La búsqueda de métodos más eficientes y sostenibles para la extracción de nicotina podría conducir a procesos más rentables, generando un mayor interés en el mercado y fomentando la innovación en este ámbito.

Es esencial contrastar estos posibles beneficios con los costos asociados a la extracción en laboratorios, que abarcan gastos en equipamiento, materiales y mano de obra. Además, la sostenibilidad y el impacto ambiental de los métodos de extracción deben ser tenidos en cuenta para una evaluación completa de la rentabilidad.

CAPÍTULO 2: METODOLOGÍA

2.1. INSTRUMENTOS DE LABORATORIO

2.1.1 Soxhlet

El Soxhlet constituye un dispositivo de laboratorio concebido para la recuperación de sustancias con baja capacidad de disolución en el solvente de extracción. En el extractor Soxhlet, el material de interés se introduce en un solvente caliente que se extrae de manera intermitente, se somete a destilación y se reintegra al material de partida. En cada iteración, una porción del compuesto que no se volatiliza se disuelve en el solvente. Tras múltiples ciclos, la sustancia objetivo se concentra en el matraz de destilación. El solvente contenido en el matraz se evapora y se determina la cantidad de la sustancia remanente. [49]

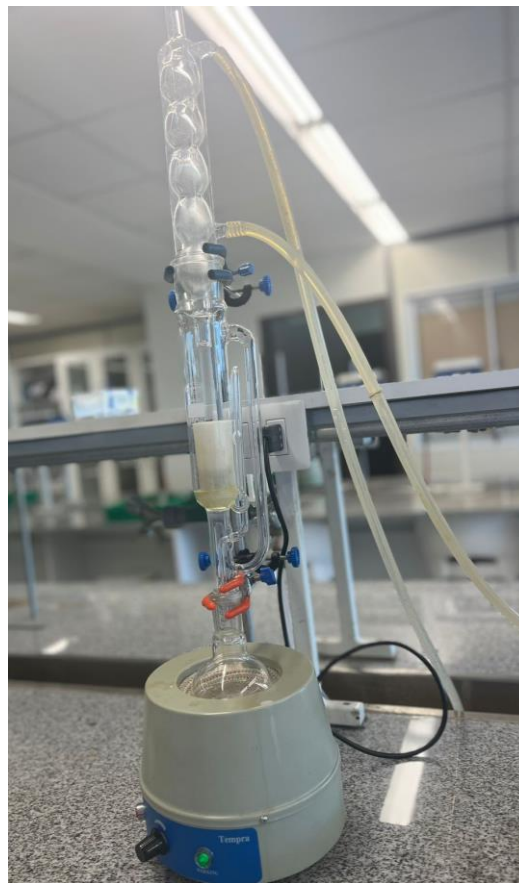


Figura 5: Sistema de extracción Soxhlet

2.1.2. Rotavapor

Un evaporador rotatorio, también conocido como rotavapor, es un instrumento de laboratorio empleado para evaporar y recuperar solventes de una muestra. Su estructura incluye un matraz alargado que se coloca en un baño de agua caliente o aceite. La muestra se introduce en el matraz y se gira lentamente mientras se aplica un vacío parcial. Esto posibilita la evaporación del solvente a una temperatura inferior a su punto de ebullición normal.

El vapor producido se condensa en un condensador, donde se transforma de nuevo en estado líquido y se recopila en un recipiente separado. Esto simplifica la recuperación del solvente, permitiendo su reutilización en futuros procesos o extracciones. [50]

2.1.3. Campana de extracción de gases

Un extractor de gases, también conocido como campana de humos o sistema de ventilación, es un dispositivo de seguridad empleado en laboratorios e instalaciones industriales para confinar y eliminar los vapores, gases y partículas que pueden resultar perjudiciales para la salud o presentar riesgos ambientales.

La función primordial de la campana de extracción de gases es crear un entorno de trabajo seguro y regulado, disminuyendo al mínimo la exposición del personal a sustancias peligrosas y reduciendo la probabilidad de contaminación ambiental. Se trata de una herramienta esencial en ambientes donde se llevan a cabo experimentos químicos o procesos que liberan gases perjudiciales.

En este caso particular, su importancia radicó en la reducción del fuerte olor a cigarrillo que emanaba del experimento. [51]

2.1.4. Espectrofotómetro

La espectrofotometría constituye un método para la evaluación de la interacción de la luz con sustancias químicas. La luz puede reflejarse, transmitirse, dispersarse o ser absorbida, y esta interacción se lleva a cabo en conjunto con la sustancia química, que

puede incluso emitir luz. La espectrofotometría se emplea con el propósito de determinar la cantidad de una sustancia en particular.

Este dispositivo es ampliamente utilizado en laboratorios para conocer la concentración de diversas sustancias. Para llevar a cabo este análisis, las sustancias se someten a ensayos de dilución, y los resultados se obtienen mediante el paso de la luz a través de cubetas fabricadas en plástico o cuarzo. [52]

2.1.4.1. Espectroscopía ultravioleta-visible

La espectroscopia ultravioleta-visible es un tipo de espectroscopia de absorción en la que se ilumina una muestra con rayos electromagnéticos de varias longitudes de onda en el rango ultravioleta (UV) y visible (VIS). Según la sustancia, la muestra absorbe parcialmente los rayos de luz UV o VIS. El resto de la luz, es decir, la luz transmitida, se expone como una función de la longitud de onda mediante un detector adecuado. El detector produce el espectro UV-VIS único de la muestra, más conocido como el espectro de absorción. [53]

2.2. REACTIVOS

2.2.1. Diclorometano

El Cloruro de Metileno, también denominado Diclorometano (CH_2Cl_2), es un líquido incoloro empleado como solvente industrial. Presenta una fácil evaporación, principalmente al entrar en contacto con el aire, y una vez liberado al ambiente, se degrada bajo la acción del sol u otros compuestos químicos presentes. En entornos de laboratorio, se utiliza como solvente en procedimientos de extracción y también se emplea como sustancia de referencia en el análisis de espectros de absorción. [54]

2.2.2. Hidróxido de Amonio (NH_4OH)

El Hidróxido de Amonio, también conocido como Amoniaco líquido, es una solución básica con propiedades tóxicas y volátiles. Este compuesto se emplea tanto como agente de limpieza como base en procedimientos analíticos de laboratorio. [55]

2.2.3. Ácido Clorhídrico (HCl)

El ácido clorhídrico, conocido también como ácido muriático, es una solución acuosa del gas cloruro de hidrógeno. En entornos de laboratorio, se emplea como reactivo químico y se caracteriza por ser un ácido fuerte con un pH inferior a 1. [56]

2.3. METODOLOGIA DE EXTRACCIÓN

La meta principal es sacar de nuestro entorno estos residuos perjudiciales. Para lograrlo, se recogieron colillas que estaban destinadas a ser desechadas en la basura común. Estas colillas fueron seleccionadas y se les retiró el papel, de manera que quedara únicamente el acetato de celulosa con los posibles productos químicos que pudieran haber quedado en ellas.



Figura 6: Colillas recolectadas desde el suelo en una instalación universitaria

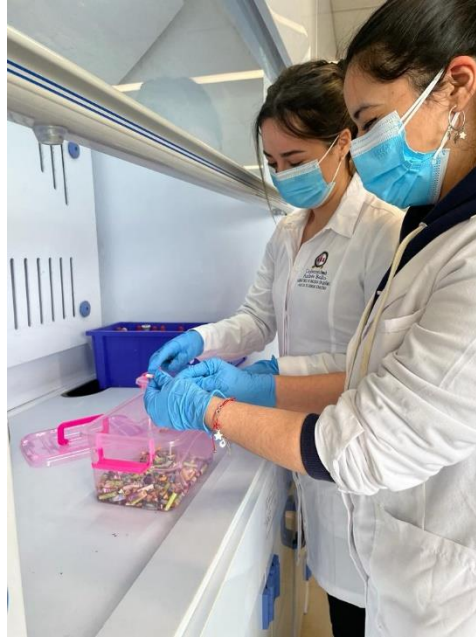


Figura 7: Proceso de selección de colillas

2.3.1. Selección de la muestra

Se tomó una muestra de 32 unidades (5g aproximadamente) de colillas de cigarrillos, al que se le quitó el papel previamente al pesaje.



Figura 8: Colillas de cigarrillos previa a extracción

2.3.2. Extracción de la muestra

Se utilizó un equipo Soxhlet con Diclorometano como solvente para llevar a cabo la extracción. Después de completar cuatro ciclos de extracción, la muestra resultante fue sometida a un proceso de evaporación en un rotavapor para eliminar el solvente (ver Figura 9). Posteriormente, se introdujo ácido clorhídrico concentrado con el objetivo de facilitar la separación entre la fase acuosa y la fase lipídica, descartando esta última. La fase acuosa se trasladó a un embudo de decantación para llevar a cabo la separación de fases (ver Figura 10 y 11), obteniéndose así dos fases distintas (fase 1 y fase 2). Después de este procedimiento, se añadió diclorometano a la fase 1, resultando en una mezcla que se ajustó a un pH de 9 mediante la adición de NH_4OH . Posteriormente, se dejó reposar para obtener nuevamente dos fases (fase 3 y fase 4). Este último procedimiento se repitió en tres ocasiones para asegurar la extracción completa de las sales de nicotina que pudieran haber quedado en la fase 4.



Figura 9: Muestra extraída



Figura 10: Primera separación de fases luego de aplicado el HCl



Figura 11: Segunda separación por decantación luego de agregado el solvente DCM



Figura 12: Fase 3

2.3.3. Análisis de espectrofotometría

Con el fin de realizar el análisis en el espectrofotómetro, la muestra extraída previamente fue diluida en diclorometano. Se tomó un 3% del volumen total de la muestra y se transfirió a un matraz de 50 ml. Esta disolución se llevó a cabo con el objetivo de obtener una disolución que sea adecuada para la absorción en el espectrofotómetro y cumpla con la ley de Lambert-Beer.

Las longitudes de onda en el cual se midió la muestra fueron de; 200nm, 230nm, 260nm, 290nm, 350nm y 400nm.



Figura 13: Espectrofotómetro utilizado para las mediciones

CAPÍTULO 3: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. RESULTADOS

De la muestra extraída, se obtuvo una masa de 0,117 g, de la cual se tomó una porción de 0,31 g para diluir en un matraz de 50 ml y posteriormente analizar en el espectrofotómetro. La concentración resultante de esta muestra fue de 0,62 mg/ml.

Los resultados obtenidos a través de las mediciones realizadas con el espectrofotómetro revelaron un pico de absorbancia notable a una longitud de onda de 230 nm.

LO(nm)	ABS
200	0,038
230	0,276
260	0,147
290	0,086
350	0,025
400	0,008

Figura 14: Tabla de LO y ABS

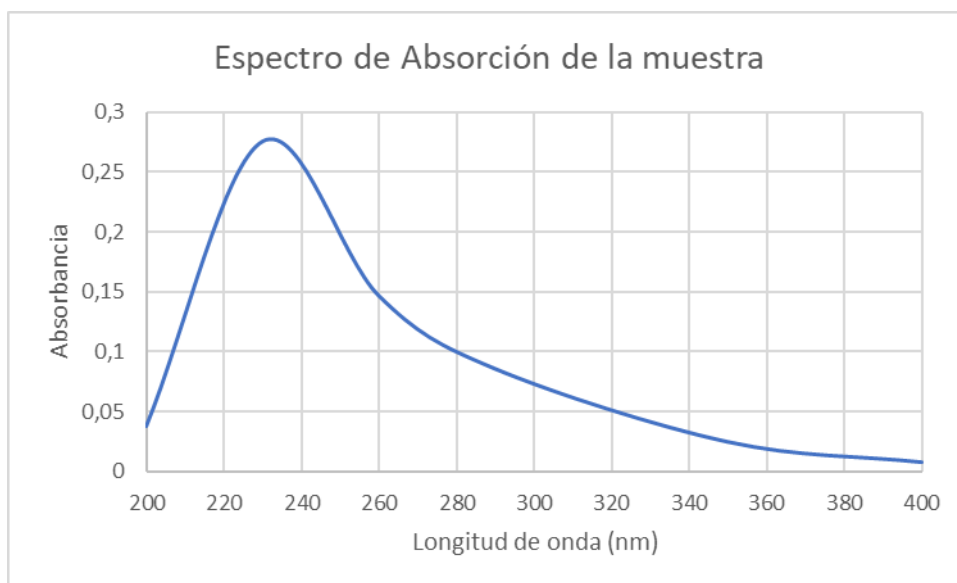


Figura 15: Gráfico del Espectro de absorción de la muestra analizada

3.2. DISCUSIÓN

Al analizar la muestra recopilada previamente y basándonos en los resultados del estudio titulado "Extraction and Determination of Nicotine in Tobacco from Selected Local Cigarette Brands in Iraq" (Wedad H. Al-Dahhan, 2022) [42], se procedió a comparar el análisis mediante espectrofotometría utilizando cubetas de cuarzo y diclorometano como solvente. Se optó por emplear cubetas de cuarzo debido a que, a diferencia de las cubetas de vidrio, las de cuarzo brindan una mayor precisión en las mediciones en diferentes rangos de espectrofotometría UV. También según el estudio hecho por Wu Yu-Jung, 2010 [43], se sabe que el diclorometano no absorbe en las longitudes de onda de interés.

Se observa un pico de absorbancia entre 230 nm (figura 15). Al contrastar con la investigación llevada a cabo por Wedad H. Al-Dahhan, se nota una disparidad en el pico de absorbancia, ya que su estudio presenta resultados con picos de absorbancia en la longitud de onda de 260 nm. Se especula que esta discrepancia se debe a que la muestra obtenida muestra no es completamente pura y contiene otros compuestos orgánicos no identificados que interfieren en la absorbancia de la muestra de interés, en este caso, la nicotina.

Si bien fue necesario repetir las mediciones debido a la alta concentración de las muestras en algunos casos, en otras instancias se logró realizar las mediciones. Aunque no se obtuvieron los picos esperados, se lograron resultados más acordes.

Aunque no se cuenta con un estándar de nicotina para cuantificar la concentración en la muestra, se observan características físicas, como el color y el olor, lo cual nos brinda una mayor certeza de que se logró extraer nicotina de la muestra recopilada.

Por otro lado, se nota una evidente toxicidad en la muestra. La exposición prolongada al olor de dicha muestra, sin el uso de implementos de seguridad como mascarillas y sin la presencia de una campana extractora, resultó en la inducción de mareos y dolores de cabeza.

El tema de la extracción de nicotina ofrece un campo propicio para un estudio más extenso. En el futuro, podría explorarse la posibilidad de recuperar mayores cantidades de nicotina y analizar la fabricación de subproductos, como insecticidas y/o fungicidas. Es crucial y fascinante encontrar aplicaciones útiles para este químico perjudicial y así retirarlo del medio ambiente. Concienciar y educar sobre el significativo impacto que

un residuo aparentemente pequeño puede tener en todos los aspectos de nuestro entorno es de suma importancia.

CONCLUSIONES

A lo largo de este trabajo y durante la etapa de recolección de colillas, se ha evidenciado la falta de cultura y educación ambiental entre las personas. A pesar de tener un basurero a su alcance, muchas optan por desechar las colillas en el suelo. Esto revela que las personas no están conscientes del daño que ocasiona arrojar colillas de cigarrillos de esta manera. Aunque existen campañas de concientización, se ha constatado que no son suficientes. Es necesario reforzar y ampliar la información sobre los daños y la toxicidad que un componente como la nicotina puede ocasionar en suelos, aguas y espacios urbanos.

Debido a su toxicidad y los efectos perjudiciales para la salud humana, la nicotina se convierte en el compuesto más crucial a determinar en las colillas de cigarrillos. El objetivo de este trabajo fue extraer la nicotina, evaluar su toxicidad y además los daños ambientales asociados. Se implementó un método de extracción que se comparó con otros estudios, utilizándolos como referencia para confirmar la presencia de nicotina en la muestra extraída.

La perspectiva de valorizar sustancias tóxicas, como la nicotina, que han sido descartadas, resulta muy interesante y genera interés para potenciar su estudio. La visión a futuro busca la capacidad de llevar a cabo este proceso en mayor escala y generar un subproducto. Este enfoque no solo contribuiría a eliminar este residuo del medio ambiente, sino que también permitiría atribuirle un valor económico y utilidad a una sustancia previamente considerada como desecho.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] CONSUMO DE TABACO, UNA ENFERMEDAD SOCIAL. (2004, septiembre). Revista del Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias. Scielo. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-75852004000300007
- [2] A brief history of the cigar. (s. f.) <https://www.thecigar.com/en/content/6-history-of-the-cigar>
- [2] American Lung Association. (s. f.). Nicotine. <https://www.lung.org/quit-smoking/smoking-facts/health-effects/nicotine>
- [3] Cigarrillos y otros productos con tabaco – DrugFacts | National Institute on Drug Abuse. (2023, 21 septiembre). National Institute on Drug Abuse. <https://nida.nih.gov/es/publicaciones/drugfacts/cigarrillos-y-otros-productos-con-tabaco>
- [4] Tabaco. (s. f.). <https://www.utep.edu/herbal-safety/hechos-herbarios/hojas-de-datos-a-base-de-hierbas/tabaco.html>
- [5] Rubenstein, J. (2020, 23 septiembre). Tiny but deadly: cigarette butts are the most commonly polluted plastic. Earth Day. <https://www.earthday.org/tiny-but-deadly-cigarette-butts-are-the-most-commonly-polluted-plastic/>
- [6] INFORME GENERAL SOBRE COLILLAS DE CIGARRILLO: Impacto, Normativa y Gestión. (2022, 12 julio). Eco House Global. <https://colillasdecigarrillo.org/wp-content/uploads/2022/07/Informe-General-sobre-Colillas-de-Cigarrillo-2021-OjoConLaColilla-Eco-House-Global.pdf>
- [7] De Salud, D. (2017, 19 mayo). ¿Sabía que cuando fuma su organismo recibe veneno para ratas? Diario de Salud. <https://www.diariodesalud.com.do/texto-diario/mostrar/739277/sabia-cuando-fuma-organismo-recibe-veneno-ratas>
- [8] Acetona (Acetone) | ToxFAQ | ATSDR. (s. f.). https://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es_tfacts21.html#:~:text=Quiere%20m%C3%A1s%20informaci%C3%B3n%3F,%C2%BFQu%C3%A9%20es%20la%20acetona%3F,se%20disuelve%20en%20el%20agua.
- [9] PCC Group. (2023, 22 septiembre). Ácido acético: propiedades y aplicaciones únicas. PCC Group Product Portal. <https://www.products.pcc.eu/es/blog/acido-acetico-propiedades-y-aplicaciones-unicas/>

- [10] Diccionario de Cáncer del NCI. (s. f.). Instituto Nacional del Cáncer. <https://www.cancer.gov/espanol/publicaciones/diccionarios/diccionario-cancer/def/amoniaco>
- [11] World Health Organization: WHO. (2022, 7 diciembre). Arsénico. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/arsenic>
- [12] Benceno. (s. f.). Instituto Nacional del Cáncer. <https://www.cancer.gov/espanol/cancer/causas-prevencion/riesgo/sustancias/benceno>
- [13] Diccionario de Cáncer del NCI. (s. f.). Instituto Nacional del Cáncer. <https://www.cancer.gov/espanol/publicaciones/diccionarios/diccionario-cancer/def/butano>
- [14] Resumen de Salud Pública: Cadmio (Cadmium) | PHS | ATSDR. (s. f.). https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_ph5.html
- [15] Resumen de Salud pública: Monóxido de carbono (Carbon monoxide) | PHS | ATSDR. (s. f.). https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs201.html
- [16] Formaldehído. (s. f.). Instituto Nacional del Cáncer. <https://www.cancer.gov/espanol/cancer/causas-prevencion/riesgo/sustancias/formaldehido>
- [17] Hexamina | Química industrial. (2023, 1 diciembre). Química Industrial. <https://quimicaindustrial.cl/producto/hexamina/>
- [18] Información sobre el plomo | US EPA. (2023, 13 febrero). US EPA. <https://espanol.epa.gov/plomo/informacion-sobre-el-plomo>
- [19] Diccionario de Cáncer del NCI. (s. f.). Instituto Nacional del Cáncer. <https://www.cancer.gov/espanol/publicaciones/diccionarios/diccionario-cancer/def/metanol>
- [20] Diccionario de Cáncer del NCI. (s. f.-b). Instituto Nacional del Cáncer. <https://www.cancer.gov/espanol/publicaciones/diccionarios/diccionario-cancer/def/alquitrán-del-tabaco>
- [21] Qué es la nicotina | NiQuitin®. (s. f.). <https://niquitin.es/qu%C3%A9-es-la-nicotina>
- [22] Nicotine: Uses, interactions, mechanism of action | DrugBank Online. (s. f.). DrugBank <https://go.drugbank.com/drugs/DB00184>

- [23] Engstrom, P. F. (2003). Physiochemical composition of tobacco smoke. Holland-Frei Cancer Medicine - NCBI Bookshelf. [https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK13173/#:~:text=The%20complex%20mixture%20of%20chemicals,%2Dspecific%20nitrosamines%20\(TSNAs\).](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK13173/#:~:text=The%20complex%20mixture%20of%20chemicals,%2Dspecific%20nitrosamines%20(TSNAs).)
- [24] Redacción. (2022, 21 noviembre). ¿Conoces sobre las sales de nicotina? Noticias de la Ciencia y la Tecnología (Amazings® / NCYT®). <https://noticiasdelaciencia.com/art/45483/conoces-sobre-las-sales-de-nicotina>
- [25] Felman, A. (2021, 11 enero). Todo lo que debes saber acerca de la nicotina. <https://www.medicalnewstoday.com/articles/es/nicotina#efectos>
- [26] Teixeira Do Carmo, J., Andrés-Pueyo, A., & Álvarez López, E. (2005, julio). La evolución del concepto de tabaquismo. <https://www.scielo.br/j/csp/a/t8f6fpVrnT6tHr48HrthkCn/?format=pdf&lang=es>
- [27] Tabaco y medio ambiente. (2021, 28 junio). Argentina.gob.ar. [https://www.argentina.gob.ar/salud/consumo-de-tabaco/medioambiente#:~:text=Las%20colillas%20de%20cigarrillos%20\(que,como%20r%C3%A2%20lagos%20y%20mares.](https://www.argentina.gob.ar/salud/consumo-de-tabaco/medioambiente#:~:text=Las%20colillas%20de%20cigarrillos%20(que,como%20r%C3%A2%20lagos%20y%20mares.)
- [28] International Journal of Environmental Research and Public Health. (s. f.). <https://www.mdpi.com/journal/ijerph>
- [29] Slaughter, E., Gersberg, R. M., Watanabe, K., Rudolph, J., Stransky, C., & Novotny, T. E. (s. f.). Toxicity of cigarette butts, and their chemical components, to marine and freshwater fish. *Tobacco Control*. <https://doi.org/10.1136/tc.2010.040170>
- [30] Slaughter, E., Gersberg, R. M., Watanabe, K., Rudolph, J., Stransky, C., & Novotny, T. E. (2011b). Toxicity of cigarette butts, and their chemical components, to marine and freshwater fish. *Tobacco Control*, 20(Supplement 1), i25-i29. <https://doi.org/10.1136/tc.2010.040170>
- [31] Tobacco, N. (2022, 29 mayo). Tobacco: poisoning our planet. <https://www.who.int/publications/i/item/9789240051287>
- [32] Belzagui, F., Buscio, V., Gutiérrez-Bouzán, C., & Vilaseca, M. (2021). Cigarette butts as a microfiber source with a microplastic level of concern. *Science of The Total Environment*, 762, 144165. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.144165>

- [33] Recicla, S. J. (2023, 5 septiembre). ¿Qué impacto ambiental suponen las colillas en las playas? descubre la campaña “Playas sin Colillas” - Sant. Sant Josep Recicla. <https://www.santjoseprecicla.org/impacto-ambiental-colillas-playas/#:~:text=A%20medida%20que%20se%20descomponen%2C%20los%20productos%20qu%C3%ADmicos%20se%20liberan,y%20el%20ecosistema%20en%20general.>
- [34] Sesión 1 - El impacto económico y social del tabaquismo. (s. f.). OPS/OMS | Organización Panamericana de la Salud. <https://www.paho.org/es/eventos/sesion-1-impacto-economico-social-tabaquismo>
- [35] ODS 3: Salud y Bienestar – FUDESO. (s. f.). <https://www.fudeso.cl/modelo-de-trabajo/ods-3-salud-y-bienestar/#:~:text=METAS%20DEL%20OBJETIVO&text=3.5%20Fortalecer%20la%20prevenci%C3%B3n%20y,el%20consumo%20nocivo%20de%20alcohol.>
- [36] Toxicity of cigarette butts, and their chemical components, to marine and freshwater fish. (2011). National Library of Medicine. Recuperado 20 de mayo de 2011, [https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3088407/#:~:text=Leachate%20from%20smoked%20cigarette%20butts%20\(SCB\)%20\(smoked%20filter%20%2B,was%20obtained%20for%20both%20species.](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3088407/#:~:text=Leachate%20from%20smoked%20cigarette%20butts%20(SCB)%20(smoked%20filter%20%2B,was%20obtained%20for%20both%20species.)
- [37] Soleimani, F., Dobaradaran, S., Vazirizadeh, A., Mohebbi, G., Ramavandi, B., De-La-Torre, G. E., Nabipour, I., Schmidt, T., Novotny, T. E., Maryamabadi, A., & Kordrostami, Z. (2023). Chemical contents and toxicity of cigarette butts leachates in aquatic environment: a case study from the Persian Gulf region. *Chemosphere*, 311, 137049. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2022.137049>
- [38] Jakimiuk, A., Bulak, A., Barroso, P. M., Podlasek, A., & Vaverková, M. D. (2022). Impact of cigarette butts on plant germination based on *Sinapis Alba* L. and *Hordeum vulgare* L. seeds. *Journal of Ecological Engineering*, 23(7), 226-237. <https://doi.org/10.12911/22998993/149975>
- [39] American Lung Association. (s. f.). Nicotine. <https://www.lung.org/quit-smoking/smoking-facts/health-effects/nicotine>
- [40] Chile presenta nuevas advertencias sanitarias para productos de tabaco. (s. f.). OPS/OMS | Organización Panamericana de la Salud. <https://www.paho.org/es/noticias/22-2-2022-chile-presenta-nuevas-advertencias-sanitarias-para-productos-tabaco>

- [41] Del Congreso Nacional, B. (s. f.). Biblioteca del Congreso Nacional. www.bcn.cl/leychile. <https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=1171984>
- [42] Campaña. (2019). Chao colillas. Recuperado 31 de mayo de 2023, de <https://chaocolillas.mma.gob.cl/>
- [43] Pozzi, S. (2023, 31 mayo). Responsabilidad extendida del productor: ¿De qué se trata el proyecto de ley que intenta implementarla con las Carbono News. <https://www.carbono.news/economia/responsabilidad-extendida-del-productor-de-que-se-trata-el-proyecto-de-ley-que-intenta-implementarla-con-las-colillas-de-cigarrillo/>
- [44] IMEKO. (2023, 24 noviembre). Celion - IMEKO. <https://imeko.cl/celion/>
- [45] Ajiboye, T. (2023, 17 junio). What is nicotine? Verywell Health. <https://www.verywellhealth.com/what-is-nicotine-5075412>
- [46] The Royal Australian Chemical Institute Inc. (2015, 24 septiembre). Nicotine as an insecticide in Australia: A Short history. Chemistry in Australia magazine. <https://chemaust.raci.org.au/article/october-2015/nicotine-insecticide-australia-short-history.html#:~:text=The%20exposure%20of%20pests%20to,different%20affinity%20for%20the%20alkaloid.>
- [47] Gudeta, B., Solomon, K. N. S., & Myneni, V. R. (2021). Bioinsecticide production from cigarette wastes. International Journal of Chemical Engineering, 2021, 1-15. <https://doi.org/10.1155/2021/4888946>
- [48] Nicotina, SPEX CertiPrep | Fisher Scientific. (s. f.). <https://www.fishersci.es/shop/products/nicotine-spex-certiprep/15136914>
- [49] Tecnilab. (2022, 3 mayo). Funcionalidades y ventajas del extractor Soxhlet | TECNILAB. Tecnilab. <https://www.tecnilab.es/soxhlet-automatico/>
- [50] - Evaporador rotativo x concentrador de muestras: Entienda las diferencias. (s. f.). - Evaporador rotativo x concentrador de muestras: entienda las diferencias. https://tecnal.com.br/es/blog/274_evaporador_rotativo_x_concentrador_de_muestras_entienda_las_diferencias#:~:text=Tambi%C3%A9n%20conocido%20como%20rotaevaporador%2C%20el,diferentes%20sustancias%2C%20principalmente%20disolventes%20vol%C3%A1tiles.
- [51] Campanas de extracción de humo para tu laboratorio. (s. f.). <https://www.blog.metalinspec.com.mx/post/campanas-de-extraccion-de-humo-para-tu->

