

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE QUIMICA Y FARMACIA



CUANTIFICACION DE LOS NIVELES DE PLOMO ATMOSFERICO POR
MEDIO DE ABSORCION ATOMICA UTILIZANDO *Tillandsia vicentina standl.*
COMO BIOSENSOR VEGETAL

TRABAJO DE GRADUACION PRESENTADO POR
SILVIA LISET ARDON GUERRERO
MERCEDES GUADALUPE MARTINEZ HERNANDEZ

PARA OPTAR AL GRADO DE
LICENCIATURA EN QUIMICA Y FARMACIA

JUNIO 2008

SAN SALVADOR, EL SALVADOR, CENTRO AMERICA

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTOR

MSc. RUFINO ANTONIO QUEZADA SANCHEZ

SECRETARIO GENERAL

LIC. DOUGLAS VLADIMIR ALFARO SANCHEZ

FACULTAD DE QUIMICA Y FARMACIA

DECANO

LIC. SALVADOR CASTILLO AREVALO

SECRETARIO

LIC. MORENA LIZETTE MARTINEZ DE DIAZ

COMITE DE TRABAJO DE GRADUACION

COORDINADORA GENERAL

Licda. María Concepción Odette Rauda Acevedo

ASESORA DE AREA DE ANALISIS DE ALIMENTOS

Ing. Rina Lavinia Hidalgo de Medrano

ASESORA DE AREA DE GESTION AMBIENTAL

Licda. Cecilia Haydee Gallardo de Velásquez

DOCENTE DIRECTOR

MSc. Sonia Maricela Lemus Martínez

AGRADECIMIENTOS

Le agradezco a mi Dios y Señor de mi vida, por todo lo que me ha ayudado, por las fuerzas que me dio durante estos años de estudio, por ser El quien me ha suplido de todo lo que yo necesitaba, por ser mi padre, y porque, a pesar de haber pasado tantas pruebas en mi vida; de todas y cada una de ellas, con la ayuda de El las he pasado. Por ser El, quien me llenó de ánimos para no retroceder y por estar conmigo cuando más lo he necesitado.

A mi Madre, por todo su apoyo, comprensión, y por llevarme siempre en sus oraciones.

A mi Hermano, por sacarme adelante en mis estudios, por siempre preocuparse por mí y por ser, después de Dios, como un padre para mí.

A Gilberth Henríquez, gracias por la paciencia, y por estar siempre en los buenos y malos momentos conmigo.

A MSc. Sonia Lemus por su excelente asesoría, así como también a la Lic. Reina Elizabeth de Cruz (PROCAFE), por toda la ayuda y por brindarnos sus conocimientos.

A todas las demás personas las cuales me han brindado su amistad verdadera y su apoyo incondicional: Ing. Joaquín, Michelle, Claudia, Corina, Linda y en especial a Alejandra y Lucía, gracias por su amistad y por todo lo que hemos compartido juntas.

Silvia Liset Ardon Guerrero.

AGRADECIMIENTOS

- Agradezco en primer lugar a Dios ya que sin sus bendiciones no hubiera sido posible lograrlo.
- Agradezco a mis padres Jorge Alberto Martínez Salinas y Francisca Eugenia de Martínez, que me apoyaron en todo momento, en triunfos y fracasos, sin dejar de creer en mí, dándome apoyo moral y espiritual, y guiándome en todo el camino con consejos y amor.
- Agradezco a mi esposo, Raúl Oswaldo Calles Recinos por haberme apoyado en todos estos años, por haber tenido amor, paciencia y sobre todo tolerancia en todo el caminar académico de mi carrera.
- Agradezco a mi hija, Kelly Alejandra Calles Martínez, por ser mi inspiración para terminar mis estudios.
- Agradezco al Ing. Joaquín Barrientos por darnos su apoyo como amigo y orientaciones necesarias para la realización de nuestro trabajo.
- Agradezco a todas las personas que nos colaboraron para la realización de nuestro trabajo e instituciones que nos brindaron su ayuda y orientación.
- Agradezco a nuestra asesora Msc. Sonia Lemus por guiarnos en todo el caminar y realización de nuestro trabajo.
- Agradezco a mi compañera Silvia Liset Ardon ya que además de encontrar una compañera de trabajo, encontré el apoyo de una amiga.

Mercedes Guadalupe Martínez Hernández

DEDICATORIA

Dedico este triunfo en mi vida a:

Dios. Gracias por permitirme culminar mi carrera.

A ti Papito. Se que estarías muy orgulloso de mi. Te veo en el cielo.

Silvia Liset Ardon Guerrero.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a cinco personas importantes en mi vida el primero a Dios por que el ha sido el único que ha sabido de esfuerzo, sufrimiento y alegrías que he pasado en todo lo largo de mi carrera y por ser el centro de mi vida por que sin su bendición que en muchas ocasiones comprobé no estaría en el lugar que estoy. Segundo a mis Padres Jorge Alberto Martínez Salinas y Francisca Eugenia de Martínez ya que tuvieron la paciencia de esperar y recibir los frutos obtenidos, convirtiéndose en parte de mi inspiración para superarme y de volver un poco de lo que ellos han hecho por mi.

Tercero a mi esposo ya que el tuvo la paciencia y el coraje de ayudarme a mantenerme hasta el final apoyándome y guiándome en todo el caminar de mi papel de esposa, madre y estudiante.

Cuarto a mi hija Kelly Alejandra Calles ya que ella desde que nació fue mi motor para salir adelante y así darle un futuro mejor por que sin su amor, caricias y alegría que me brinda no hubiera podido inspirarme más y conseguir mi objetivo de llegar a ser algo en mi vida.

Gracias a estas cinco personas que sin ellas mi vida no tendría sentido y estuviera vacía ya que no seria nada si no tuviera el amor de ellas y fuera alguien con un corazón vacío.

Mercedes Guadalupe Martínez Hernández

INDICE

RESUMEN

Capitulo I

1.0 Introducción	xxii
------------------	------

Capitulo II

2.0 Objetivos	
---------------	--

Capitulo III

3.0. Marco Teórico	27
--------------------	----

3.1 Plomo	27
-----------	----

3.1.1. Características Generales del Plomo	27
--	----

3.2. Fuentes de Plomo	28
-----------------------	----

3.2.1. Plomo en la industria	28
------------------------------	----

3.2.2. Plomo en Pigmentos	29
---------------------------	----

3.3. Plomo Atmosférico Natural	30
--------------------------------	----

3.3.1. Comportamiento del Plomo en el aire	31
--	----

3.3.2. Comportamiento del Plomo en el organismo	31
---	----

3.3.2.1. Daños por Plomo en el Organismo	32
--	----

3.4. Descripción de zona de estudio, Municipio de Ilobasco	33
--	----

3.5. Monitoreo de Contaminantes	34
---------------------------------	----

3.5.1. Biomonitorio	34
---------------------	----

3.5.1.1. Clasificación de Biomonitorio	36
--	----

3.6. Etimología del Género Tillandsia	37
---------------------------------------	----

3.6.1. Monografía de <i>Tillandsia vicentina standl.</i>	40
3.61.1. Ubicación Geográfica	40
3.7. Absorción Atómica	41
3.7.1. Descripción del Equipo	41
Capitulo IV	42
4.0 Diseño Metodológico	43
4.1. Tipo de Estudio	43
4.2. Investigación Bibliográfica	43
4.3. Investigación de Campo	43
4.3.1. Universo	43
4.3.2. Muestra	43
4.4. Selección e Identificación de Biosensor	44
4.5. Ubicación de Muestras (Biosensores)	45
4.6. Método de Análisis por Absorción Atómica	48
4.6.1. Tratamiento de La Muestra	49
4.6.1.1. Determinación de Plomo de la muestra por método 5.003 adaptado a tejido vegetal	49
4.7. Preparación de Estándares para Calibración de Equipo de Absorción Atómica	50
4.7.1. Lectura de Estándares y Muestras	51
4.8. Selección de Método Estadístico	51
4.8.1. Tamaño de muestra	51

4.8.1.1. Formulación de Hipótesis	51
4.8.1.2. Planteamiento de zonas de Aceptación y rechazo de Hipótesis nula (H_0)	52
Capitulo V	
5.0 Resultados y Análisis de Resultados	56
5.1. Selección e Identificación del Biosensor	56
5.2. Selección de Zona Testigo	58
5.3. Selección de Zona de Muestreo	59
5.3.1. Mapeo de Sitios de Muestreo	60
5.3.2. Muestreo	63
5.4. Recolección de muestras y cuantificación de Plomo absorbido por el biosensor mediante Espectrofotometría de Absorción Atómica	64
5.4.1. Lectura de Muestras	65
5.4.1.1. Conversión de Unidades	66
5.5. Funcionamiento del Biosensor por Método estadístico	74
5.5.1. Tamaño de Muestra	74
Capitulo VI	
6.0 Conclusiones	79
Capitulo VII	
7.0 Recomendaciones	82
Bibliografía	84

Glosario 88

Anexos 92

INDICE DE ANEXOS

ANEXO N°

- | | | |
|---|--|--|
| 1 | Fig. N°1.
Fig. N°2.
Cuadro N° 1. | Proceso de limpieza y sanitización de muestras
Deshojado de muestras
Registro de pesos individuales de muestras con humedad. |
| 2 | Cuadro N° 2. | Registro de pesos individuales de muestras deshidratadas. |
| 3 | Fig. N°3.
Fig. N°4. | Tratamiento de las muestras
Proceso de digestión de muestras |
| 4 | Tabla N°1. | Tabla de Distribución t- Student ⁽⁶⁶⁾ |
| 5 | Fig. N°5. | Ubicación y distribución de las diferentes especies de <i>Tillandsias</i> predominantes en El Salvador ⁽¹⁶⁾ |
| 6 | Fig. N°6. | Copia autenticada por el Herbario del Jardín Botánico La Laguna de <i>Tillandsia vicentina standl.</i> |
| 7 | Fig. N°7.
Fig. N°8. | Punto de muestreo N°1. Centro Urbano del Municipio de Ilobasco
Punto de muestreo N°2. Centro de Talleres artesanales del Municipio de Ilobasco |
| 8 | Tabla N°2. | Norma Salvadoreña Oficial 13.11.01:01 para la calidad del aire aplicable en todo el territorio nacional. ⁽¹⁸⁾ |
| 9 | Fig. N° 9.
Fig. N°10.
Fig. N°11.
Fig. N°12. | Recolección de muestras en Punto N°1
Recolección de muestras en Punto N°2
Recolección de muestras en Punto N°3
Recolección de muestras en Punto N°4 |

- 10 Ejemplo de cálculo #1. Cálculo para determinar la cantidad de plomo de $\mu\text{g/ml}$ a $\mu\text{g/g}$
- 11 Ejemplo de calculo #2. Cálculo para determinar la cantidad de plomo en microgramos/metros cúbicos ($\mu\text{g} / \text{m}^3$)
- 12 Ejemplo de calculo #3. Cálculo para determinar el valor real de la cantidad retenida de partículas de plomo de la atmósfera en ***Tillandsia vicentina standl.***
- 13 Ejemplo de calculo #4. Cálculo para determinar valores promedio de niveles de plomo absorbido por el biosensor
- 14 Cálculo para determinación de T_c
- 15 Cuadro N°3. Lecturas de muestras testigo.
- 16 Cuadro N°4. Lectura de Muestras en zona de estudio

INDICE DE CUADROS

CUADRO N°		Pag.
1	Ubicación de los puntos de muestreo	62
2	Concentraciones de los diferentes Estándares y sus respectivas lecturas a una longitud de onda de 217 nm.	64
3	Lectura de Muestras obtenidas en ($\mu\text{g}/\text{mL}$).	65
4	Conversión de Lecturas de Plomo a Peso/Peso (P/P)	67
5	Lecturas de Plomo en $\mu\text{g}/\text{m}^3$.	69
6	Valores para cada muestra en $\mu\text{g} / \text{m}^3$, corregidos mediante AAF.	71
7	Cuadro comparativo de valores promedios de cada punto con el límite de la Norma 13.11.01:01.	71

INDICE DE FIGURAS

FIGURA N°		Pag.
1	Esquema de difusión del plomo en el organismo absorbido por el aire y por trazas de loza vidriada.	30
2	Esquema de conversión de Tetraetilo de Plomo a Plomo Inorgánico	31
3	Modelo simplificado del metabolismo del plomo en el organismo humano ⁽⁴⁾	32
4	Imagen de especie del Género <i>Tillandsia</i>	38
5	Esquema de Espectrofotómetro de Absorción Atómica	41
6	Ejemplares de <i>Tillandsia seleriana</i> y <i>Tillandsia vicentina standl.</i> en su periodo de floración	44
7	Proceso de Selección e identificación del biosensor.	45
8	Colocación de biosensores en soportes.	46
9	Esquema de trabajo empleado en zona testigo y zona de muestreo.	47
10	Metodología de recolección de muestras y aplicación de método AOAC 5.003.	48
11	Gráfica de Límite de Aceptación y Rechazo de H ₀ .	53
12	Mapa del departamento de Chalatenango	58
13	Pinturas y barniz a base de Plomo utilizados para la el proceso de vidriado en piezas de barro.	59
14	Mapa del Departamento de Cabañas. En circulo, el Municipio de Ilobasco	60

15	Ubicación de los Puntos de muestreo en el Municipio de Ilobasco.	61
16	Piezas de barro revestidas con barniz	63
17	Grafico de absorbancia de los diferentes estándares para calibración de equipo de Absorción Atómica.	65
18	Gráfica comparativa y cambio del nivel de Absorción de Plomo en <i>Tillandsia vicentina standl</i> en los diferentes puntos durante el período de muestreo.	67
19	Grafico de comparación entre niveles de Plomo absorbidos en los diferentes puntos de muestreo vrs. límite permitido según NSO 13.11.01:01.	72
20	Ubicación de t critica (Tc) para el Punto de muestreo N°1 dentro del gráfico de una cola.	76

INDICE DE TABLAS

TABLA N°		Pag.
1	Tabla con valores similares para cada punto de muestreo82	75
2	Valores de T_c para cada punto de muestreo83	76

SIGLAS

OPS : Organización Panamericana de la Salud

OMS : Organización Mundial de la Salud

NSO: Norma Salvadoreña Oficial

RESUMEN

El estudio de la contaminación por plomo, ha demostrado que las altas concentraciones de este causan daños al hombre, al estar en constante exposición. Se identificó en el municipio de Ilobasco (zona de muestreo) que por tradición es fabricante de artesanías de barro. Específicamente en la zona de mayor concentración de talleres artesanales del lugar (punto de muestreo N° 2); los artesanos que elaboran las piezas de barro están expuestos a emanaciones por plomo debido al barniz a base de plomo que utilizan para dar un efecto de vidriado a las piezas. Al mismo tiempo se monitorearon otros tres puntos más, los cuales abarcaron: el centro urbano del municipio (punto 1) a un kilómetro (punto 3) y a cinco kilómetros de distancia (punto 4) del centro de talleres . Estos dos últimos se realizaron con el objeto de conocer la distancia que recorre el plomo proveniente de los talleres. Al mismo tiempo, se llevó un monitoreo comparativo en el municipio de La Palma. La contaminación en esta zona es de nivel bajo por ser una zona de naturaleza boscosa y alejada de la ciudad.

La contaminación por plomo se cuantificó por Espectrometría de Absorción Atómica utilizando *Tillandsia vicentina standl.* Como biosensor vegetal. La zona se monitoreó por un periodo de tres meses a una altura de 3 mts. Según la Norma Salvadoreña Oficial N° 13.11.01:01 que establece que el nivel promedio de plomo atmosférico no debe exceder $1.5 \mu\text{g} / \text{m}^3$. Al comparar los resultados se comprobó que en todos los puntos de muestreo sobrepasan el

limite establecido por la NSO, reportando valores de $2.13 \mu\text{g} / \text{m}^3$ en el centro urbano del municipio de Ilobasco (Punto de muestreo N°1); $1,72 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en el centro de los talleres artesanales (Punto de muestreo N°2), $1,27$, a 1 Km de distancia (Punto de muestreo N°3), y a 5 Km de distancia (Punto de muestreo N°4), un valor de $2,01 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Se comprobó estadísticamente mediante la t de student que el biosensor Tillandsia absorbió plomo del aire , lo que demuestra que es un buen captador de contaminantes por metales pesados , con las ventajas de adaptarse a diversos climas, fácil manejo además de no requerir de muchos cuidados ni personal capacitado para su uso. Así mismo es recomendable para monitorear e identificar contaminación en otras zonas problemas como: la industria del fundido de metales, minerías, industria del cemento y refinerías entre otras.

CAPITULO I
INTRODUCCIÓN

1.0 INTRODUCCIÓN

El Plomo es un metal pesado de gran utilidad industrial. Entre los usos principales están la fabricación de baterías para automóviles, reactivos químicos, armas de guerra, insecticidas, así como también para la producción de pinturas y barnices cuyo principal componente es dicho metal y/o sus aleaciones.

Debido a la cantidad de compuestos a base de plomo que existen y el empleo de éstos en la industria, se han incrementado las fuentes de contaminación por plomo, así como el impacto al ambiente por las constantes emanaciones de dicho metal pesado.

Se considera que el Plomo es un potente contaminante silencioso debido a que es altamente tóxico para el ambiente y la salud de las personas que se encuentran expuestas a altas concentraciones de este metal, afecta de gran manera causando daños irreversibles, presentando entre ellos; síndrome de Saturnismo, lo que conlleva a problemas de salud en general, dañando muchos órganos del cuerpo, entre ellos, neurocerebrales, de pulmón, riñones; pudiendo llegar al coma, e incluso causar la muerte. Por tanto, es de gran importancia cuantificar los niveles en las concentraciones de plomo en una región e identificar las posibles fuentes de contaminación, para conocer en que medida el problema afecta a la población que reside en los alrededores del sitio contaminado.

El Municipio de Ilobasco, es reconocido por ser uno de los lugares con mayor producción de artesanías de barro decorativos, en los que se utiliza un barniz a base de Plomo para el proceso de vidriado. Esta actividad la realizan dentro de sus hogares, exponiendo a sus familias y a ellos mismos a las emanaciones de plomo provenientes del barniz.

Para determinar la contaminación por plomo proveniente de estos talleres, se empleó un método de muestreo nuevo e innovador; utilizando para ello un biosensor de origen vegetal conocido como *Tillandsia vicentina standl.* esta, se caracteriza por ser una especie epifita que se alimenta del aire. Es capaz de acumular contaminantes de la atmósfera, específicamente de metales pesados como el plomo.

El presente trabajo de investigación, se realizó con el objetivo de determinar por medio del biosensor vegetal, si los niveles de plomo que se liberan hacia la atmósfera están dentro de los límites establecidos por la Norma Salvadoreña Oficial N°13.11.01:01. El monitoreo de la zona abarcó un periodo de tres meses. Para la determinación de Plomo, se empleó el método de Espectrofotometría de Absorción Atómica para la interpretación de resultados. Posteriormente, se utilizó el método estadístico t- Student para comprobar el funcionamiento del biosensor.

CAPITULO II

OBJETIVOS

2.0. OBJETIVOS

2.1. Objetivo General

Cuantificar los niveles de plomo atmosférico por medio de Absorción Atómica utilizando *Tillandsia vicentina standl.* como biosensor vegetal.

2.2. Objetivos Específicos

- 2.2.1. Seleccionar e identificar el biosensor vegetal
- 2.2.2. Ubicar en el mapa los puntos de muestreo en los alrededores de la zona de talleres de cerámica del municipio de Ilobasco.
- 2.2.3. Cuantificar el nivel promedio de Plomo absorbido en muestras recolectadas mediante Espectrofotometría de Absorción Atómica.
- 2.2.4. Analizar estadísticamente el funcionamiento del biosensor por medio de la distribución de la t de Student.

CAPITULO III
MARCO TEORICO

3.0. MARCO TEORICO

3.1 Plomo⁽¹⁵⁾

El plomo es un metal pesado, presenta densidad relativa o gravedad específica 11,4 a 16°C, es de color azul, que se empaña para adquirir un color gris mate. Es flexible, inelástico y se funde con facilidad. Se funde a 327,4°C y hierve a 1725°C. Es relativamente resistente al ataque de ácido sulfúrico y ácido clorhídrico, aunque se disuelve con lentitud en ácido nítrico concentrado y ante la presencia de bases nitrogenadas. El plomo es anfótero, ya que forma sales de plomo de los ácidos, así como sales metálicas del ácido plúmbico. Tiene la capacidad de formar muchas sales, óxidos y compuestos órgano metálicos.⁽¹⁵⁾

3.1.1. Características Generales del Plomo

El plomo es una sustancia natural que abunda en el ambiente. Debido a sus propiedades físicas que le permiten formarse y moldearse fácilmente, se emplea en muchas aplicaciones. Hace un tiempo el plomo se usaba frecuentemente para fabricar tuberías de agua y recipientes para alimentos y sirvió como ingrediente importante en la fabricación de pinturas y gasolina.

El plomo rara vez se encuentra en su estado elemental. El mineral más común es el sulfuro y la galena.

Los minerales comerciales pueden contener un porcentaje de plomo del 3%, pero lo más común es un contenido de poco más o menos el 10% y se concentran hasta alcanzar un contenido de plomo de 40% o más, antes de fundirse o ceder ante la presencia de fuentes de calor extremo.⁽¹⁵⁾

Según la OPS/OMS ⁽⁹⁾, clasifica las fuentes de contaminación del aire originados por la actividad humana de la siguiente forma:

- Fuentes Fijas: Son aquellas que emiten o son susceptibles de emitir contaminantes al aire, en un lugar fijo o inamovible (fabricas, plantas termoeléctricas, viviendas, etc.)
- Fuentes móviles: aquellas que, habilitadas para desplazarse, pueden generar o emitir contaminantes (vehículos, aviones, trenes, barcos, etc.)
Cambian su ubicación con respecto al tiempo y el área de influencia de sus emisiones.

3.2. Fuentes de Plomo ⁽⁹⁾

Una fuente primaria de contaminación del aire por plomo, ha sido el uso de combustibles que llevan plomo en automóviles. Como aditivo en la gasolina, el plomo desacelera el proceso de combustión en los motores.

Esto se debe a que el plomo no se consume en el proceso de combustión, sin embargo se emite como material particulado.

3.2.1. Plomo en la industria

Los compuestos más importantes para la industria son los óxidos de plomo, el tetraetilo de plomo y los silicatos de plomo. El plomo forma aleaciones con muchos metales y, en general, se emplea en esta forma en la mayor parte de sus aplicaciones. Todas las aleaciones formadas con estaño, cobre, arsénico, antimonio, bismuto, cloro, cloroformo, ésteres, cadmio y sodio tienen importancia industrial.

3.2.2. Plomo en Pigmentos ⁽⁹⁾

El uso del plomo en pigmentos sintéticos o artificiales ha sido muy importante, pero está decreciendo en volumen. Los pigmentos que se utilizan con más frecuencia y en los que interviene este elemento son:

El blanco de plomo $2\text{PbCO}_3 \cdot \text{Pb(OH)}_2$

Sulfato básico de plomo

El Tetróxido de plomo también conocido como mininio.

Cromatos de plomo

El silicatoeno de plomo (más conocido en la industria de los aceros blandos)

Así mismo, se utilizan una gran variedad de compuestos de plomo, como los silicatos de plomo, utilizados para la fabricación de frituras de vidrio y de cerámica, las que resultan útiles para introducir plomo en los acabados del vidrio y de la cerámica.

En la producción de comales, ollas, macetas, platos y otros utensilios de barro, los artesanos llevan a cabo dos procesos: el de cocción y posteriormente, el de vidriado, en el que se usa una mezcla de plomo y agua. El plomo se fija permanentemente en el barro cuando la temperatura de horneado supera los 1,200 grados centígrados; pero cuando no se alcanzan los 1,000 grados, por el hecho que los talleres que los elaboran cuentan con hornos artesanales dentro de las viviendas que son encendidos por trozos de leña, el plomo no se fija en el barro y se libera lentamente hacia la atmósfera provocando la contaminación.⁽²¹⁾

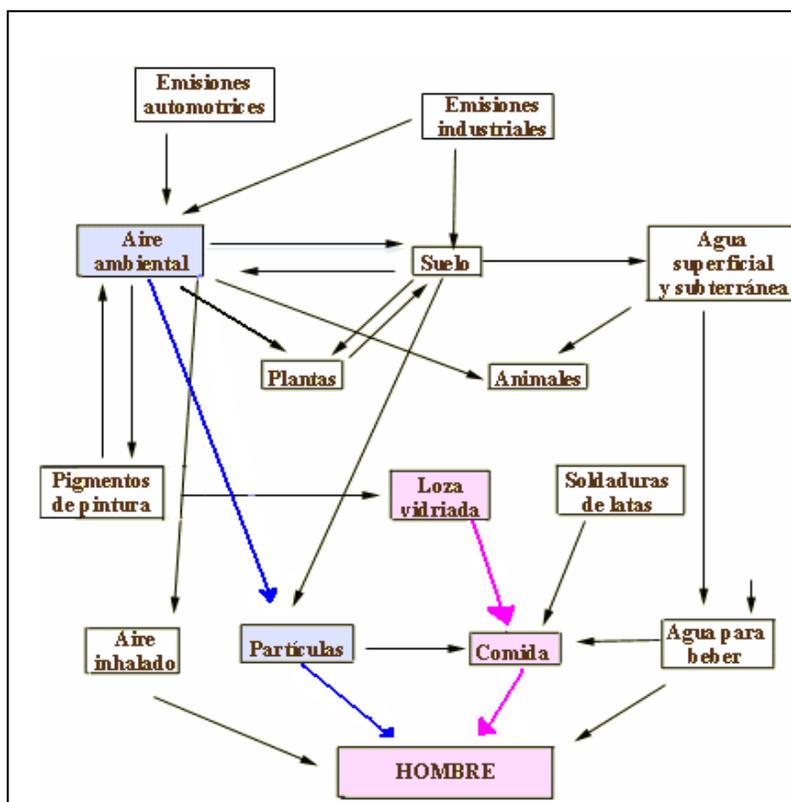


Fig. N°1. Esquema de difusión del plomo en el organismo absorbido por el aire y por trazas de loza vidriada.

3.3. Plomo Atmosférico Natural ⁽¹⁸⁾

La cantidad de plomo de fuentes naturales en la atmósfera, es pequeña, los valores indican concentraciones de $0,0005 \text{ ug/m}^3$, y esta cantidad es relativamente baja cuando se compara con otros niveles.

Debido a la extensión de la contaminación del aire por el hombre, son difíciles de obtener datos sobre los niveles naturales del plomo en la atmósfera, en áreas del mundo no contaminadas las concentraciones medias del plomo van desde $0,01 \text{ ug/m}^3$ a $0,019 \text{ ug/m}^3$, pero las condiciones climáticas hacen que estos datos se modifiquen.

3.3.1. Comportamiento del Plomo en el aire (4)

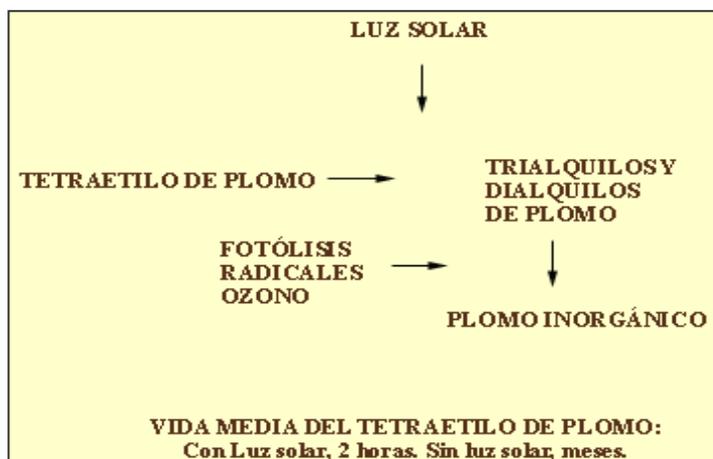


Fig. Nº 2 Esquema de conversión de Tetraetilo de Plomo a Plomo Inorgánico

3.3.2. Comportamiento del Plomo en el organismo (12)

El plomo ingresa al organismo básicamente por las vías digestivas y respiratorias aunque, eventualmente y bajo ciertas condiciones, también puede ser absorbido por la piel. Una vez en el organismo se distribuye por medio de la sangre al resto de los tejidos, de forma preferente hacia el hueso, que es muy resistente al plomo. El tejido óseo en realidad constituye un órgano, ya que retiene una buena parte del plomo que se absorbe. El resto del plomo se distribuye a otros órganos, tales como el cerebro, el riñón, la médula ósea y el hígado, algunos de los cuales se dañan aun con bajos niveles de plomo, lo que los convierte en órganos blanco. Solamente una proporción del plomo circulante puede ser excretado; la principal vía de excreción es la urinaria, mientras que una proporción más pequeña puede desecharse por los fluidos de secreción gastrointestinal, de manera que la mayor parte del plomo que se encuentra en las heces es plomo que no fue absorbido por la vía digestiva. También es

posible eliminar una pequeña cantidad de plomo por las células que se descaman en la piel, en el pelo y las uñas, y existen algunas condiciones fisiológicas que permiten que el plomo pueda ser excretado por otros fluidos, como la leche materna. Aún cuando existen diferentes vías de excreción, siempre es mayor la cantidad que se absorbe de plomo que la que se excreta; esto se traduce en acumulación de plomo en el organismo. Se estima que el tiempo necesario para que una persona expuesta a bajas dosis de plomo elimine completamente ese metal de sus tejidos, es de 20 años a partir de que cesa la exposición.

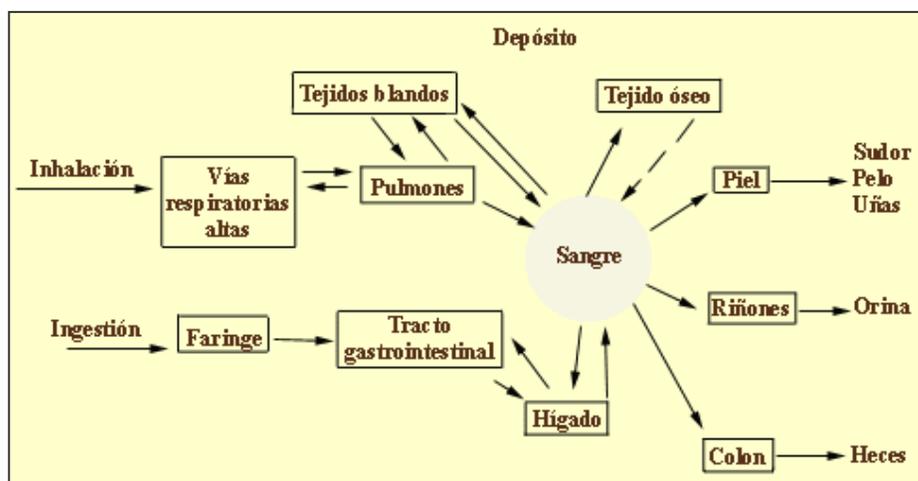


Fig. N°3. Modelo simplificado del metabolismo del plomo en el organismo humano (4)

3.3.2.1. Daños por Plomo en el Organismo

Los compuestos del plomo son tóxicos y han producido envenenamiento de trabajadores por su uso inadecuado y por una exposición excesiva a los mismos, debido a que ignoran los graves daños a la salud que estos producen. El mayor peligro proviene de la inhalación de vapor o de polvo. En el caso de

los compuestos a base de plomo, la absorción a través de la piel puede llegar a ser desde significativa hasta muy importante.

Algunos de los síntomas de envenenamiento por plomo son dolor de cabeza, vértigo, migrañas, cefalea, psicosis, delirios de grandeza e insomnio o pérdida del sueño, registrándose casos donde se perdió la etapa de R.E.M. (Rapid Eye Movement). En los casos agudos, por lo común se presenta estupor o convulsiones, el cual progresa hasta el coma y termina en la muerte.

El control médico para determinar la presencia de Plomo comprende pruebas clínicas de los niveles de este elemento en la sangre, en la orina y, en un pasado relativamente reciente, en la heces. Con un control de este tipo y a una disminución substancialmente apropiada de plomo, el envenenamiento industrial causado por el plomo puede evitarse por completo en muchos casos, en otros no.⁽¹⁵⁾

El plomo es un contaminante importante del aire, porque es tóxico para los humanos. Su difícil remoción del cuerpo hace que se acumule en varios órganos y puede dañar el sistema nervioso central. Un gran número de estudios científicos ha documentado los efectos nocivos de la exposición humana al plomo.

3.4. Descripción de zona de estudio, Municipio de Ilobasco ⁽²²⁾

El Municipio de Ilobasco está limitado al Norte por Jutiapa y Sensuntepeque; al Este por Sensuntepeque y San Isidro; al Sur por San Sebastián (Dpto. de San Vicente), San Rafael Cedros y El Rosario (ambos del Dpto. de Cuscatlán) y al

Oeste por Tenancingo (Dpto. de Cuscatlán) y Tejutepeque. San Miguel de Ilobasco fue el nombre que los españoles le dieron a este pueblo, es una población de origen Lenca y que según historiadores tuvo su primer asentamiento en el paraje llamado Sitio Viejo, a 6 Km. de su actual asentamiento. Es famoso por ser uno de los centros artesanales cerámicos más antiguos de El Salvador y Centro América. Se dice que esta actividad tiene origen en los años 1700 y que se ha logrado mantener hasta esta época. En dicho lugar, se comercializan cuatro tipos de productos artesanales con barro: tradicional revestida con barniz a base de plomo (cómales, ollas, sartenes, cantaros, macetas, etc.), popular (juguetes navideños), decorativa (toda clase de adornos con diseños originales) y cerámica típica (esta es la que confecciona los muñequitos y adornos, incluyendo las famosas miniaturas).

3.5. Monitoreo de Contaminantes

Para la determinación de la presencia de contaminantes atmosféricos existen métodos electrónicos para detectarlos. Un ejemplo de ellos es el empleo de filtros o bombas de vacío. Estos por lo general, requieren de personal capacitado para hacer uso de ellos, así como la necesidad de delimitar una zona o área especial para ser colocado y monitorear de forma constante el equipo durante el período de muestreo entre otros.

3.5.1. Biomonitorio

Los biomonitores constituyen especies indicadoras, son aquellos organismos (o restos de los mismos), que ayudan a descifrar cualquier fenómeno o acontecimiento actual o pasado relacionado con el estudio de un ambiente.

Carballeira ⁽³⁾ establece que los biomonitores pueden ser de dos tipos: acumuladores o directos y sensitivos o indirectos. En los primeros, se explota su capacidad para acumular compuestos químicos y en los segundos, su sensibilidad frente a los contaminantes cuantificables (abundancia relativa, cambios morfológicos) o a través de sus respuestas fisiológico–bioquímicas (por medio de fotosíntesis o actividad enzimática).

Un biomonitor (biosensor) puede suministrar los dos tipos de información al mismo tiempo, Funcionan como indicadores para detectar la presencia de contaminantes.

Es imposible estudiar todo tipo de organismos, por tanto, es necesario seleccionar aquellos que ofrezcan la mejor información sobre el ecosistema.

Los biomonitores deben cumplir una serie de criterios y requerimientos. ⁽⁹⁾

De manera resumida, para que un organismo sea un buen monitor debe cumplir una serie de requisitos generales:

- Poseer una amplia distribución geográfica y ecológica, lo que permite la comparación de resultados
- Ser común y relativamente estático
- Estar disponible todo el año y, si es posible, varios años, con el fin de seguir la evolución de la contaminación en el tiempo
- Poseer una talla o densidad suficiente para poder disponer de biomasa mínima para los análisis

- Un biotopo y un comportamiento que faciliten el muestreo y la manipulación de laboratorio y campo respectivamente
- Buen acumulador, de tal forma que la concentración, sea lo suficientemente elevada para permitir su análisis directo (factor de bioacumulación elevado). El factor de bioacumulación es un término general que no distingue la vía de incorporación del contaminante.
- Debe presentar una relativa tolerancia a los contaminantes, es decir, debe ser capaz de acumular el contaminante sin alterar significativamente su comportamiento bioacumulador.

3.5.1.1. Clasificación de Biomonitorio

El Biomonitorio se clasifica básicamente en dos tipos:

- Monitoreo Pasivo

Puede permitir la evaluación de la exposición a largo plazo de la contaminación. Implica la utilización de plantas que se encuentran normalmente en los sitios que se desea monitorear. ⁽⁵⁾

- Monitoreo Activo

Este tipo de monitoreo comprende el desarrollo de un estudio en tiempo corto y requiere el traslado de plantas de una zona de bajo nivel de contaminación a una zona de muestreo para su estudio ⁽⁵⁾

Ambos tipos de monitoreo (Pasivo y Activo) pueden aplicarse a especies de líquenes y género ***Tillandsia*** a las cuales, tras años de investigación documentada se les ha comprobado su eficacia y posteriormente han sido

utilizados a nivel mundial. (5). El empleo de Líquenes en El Salvador es limitado debido a que no se cuenta con liquenografos especializados para identificar esta especie. Además, el tiempo de muestreo para estos comprende un monitoreo pasivo debido a que la especie tiene que adaptarse al lugar de estudio y requiere de un tratamiento especial luego de la recolección de la muestra.

Un método el cual resulta innovador para captar contaminantes es el empleo de Biomonitores de origen vegetal. Estos pueden medir los efectos de la contaminación en seres vivos, por lo tanto ofrecen información sobre los riesgos para otros organismos, ecosistemas y el hombre. (9). Los biosensores, así como otros organismos, responden de diferentes maneras a estímulos externos como contaminantes atmosféricos. Pueden servir como indicadores de la actividad biológica de los contaminantes atmosféricos (Guderian 1985). (9). La aplicación de un método de biomonitoreo comprende un muestreo sencillo. Este permite el empleo de una planta epífita (planta que sus nutrientes los absorbe del aire), para captar el plomo sin el requerimiento de recursos como la electricidad, horas hombre, o cuidados especiales durante el monitoreo.

3.6. Etimología del Género Tillandsia (19)

Nombres comunes: Tillandsia, claveles de aire, musgo español, Tillandsien, clavells de moro, Air plant, Ball moss, Spanish moss.



Fig. N°4. Imagen de especie del Género *Tillandsia*

El género *Tillandsia* lo nombró Linneo de tal modo, en honor del médico y botánico Finés Dr. Elias Tillandz (originalmente Tillander) (1640-1693) (19). Contiene aproximadamente 500 especies. Es una planta epífita, es decir, en la naturaleza crecen normalmente sobre otras plantas, generalmente en árboles, o en rocas, no son parásitas, Los Géneros de árboles en que se lo encuentra más frecuentemente son: Cedrus, Pinus, Cupressus, Gingkgo, Quercus, Prunus. Se encuentran en los desiertos, bosques y montañas de Centroamérica, Suramérica, México y en el sur de los EE.UU. hasta Argentina.

En nuestro país, su distribución se observa por casi toda la región, ya que es una planta aérea que se adapta fácilmente tanto a climas calidos como a húmedos. Se desarrollan en el interior de las casas o en exteriores, no precisando de suelo, ya que el agua y el alimento lo absorben a través de las hojas. Las raíces las utilizan solamente como anclajes (ya que los nutrientes no

los toman con las raíces). La reproducción está asegurada por las plántulas llamadas los "hijuelos".

Una sola planta puede tener una docena de hijuelos que pueden ser quitados y desarrollados solos, por separado o dejados junto con la planta madre, para formar una colonia. Según la especie, estas plantas varían en el color de las hojas (que cambia generalmente de verde al rojo) en las que se encuentran alrededor de la flor.

Entre sus requerimientos, prefieren la luz del sol directo, no necesita de mucho riego más que el agua de lluvia, no puede sobrevivir con agua constante, ni siendo plantado en tierra. La temperatura a la cual se mantienen es entre 10°C a 37°C y son sensibles al clima frío. Para la fijación de la planta a una base puede hacerse con alambre de amarre a una base de estopa de coco seco evitando en la base las hojas e introducir las raíces que crecen en la base.

3.6.1. Monografía de *Tillandsia vicentina standl.* (17)



Nombre Científico: ***Tillandsia vicentina standl.***

Nombre Común : Clavel del aire

Clase : Monocotiledóneas

Familia : Bromeleaceas

Género : Tillandsia

Plantas acaulescentes, 25–55 cm de alto. Hojas (10–) 20–40 cm de largo; vainas 1.4–2.2 (–3.4) cm de ancho, café obscuras, aplicado- a subpatente-lepidotas; escapo: 15–35 cm de largo, brácteas foliáceas, con vainas frecuentemente subinfladas y el raquis parcialmente expuesto; brácteas primarias frecuentemente subfoliáceas con láminas filiformes; espigas 3–7 (–10) cm de largo, con 4–6 flores, patentes, brácteas florales: 1.8–2.5 cm de largo, imbricadas, erectas; flores sésiles; sépalos: 1.7–1.9 cm de largo, los 2 posteriores carinados y connados por cada 3 mm de su longitud, libres del sépalo anterior; pétalos morados, amarillos, rojos.

3.6.1.1. Ubicación Geográfica

Se encuentra ubicada en la región de Centro América, en donde su primera especie fue hallada en el volcán de San Vicente, El Salvador, a una altitud de 1500 metros el 8 de Marzo de año1922, por Paul C. Standley.

3.7. Absorción Atómica

3.7.1. Descripción del Equipo ⁽²³⁾

La Espectroscopia de Absorción Atómica (a menudo llamada AA), es un método que utiliza comúnmente un nebulizador pre-quemador (o cámara de nebulización) (Ver Fig. N°5), para crear una niebla de la muestra y un quemador con forma de ranura que da una llama con una longitud de trayecto más larga.

Es una técnica muy relacionada con la fotometría de llama ya que se utiliza una llama para atomizar la disolución de la muestra de modo que los elementos a analizar se encuentran en forma de vapor de átomos. Con la diferencia que en Absorción Atómica, existe una fuente independiente de luz monocromática específica para cada elemento a analizar y que se hace pasar a través del vapor de átomos, midiéndose posteriormente la radiación absorbida.

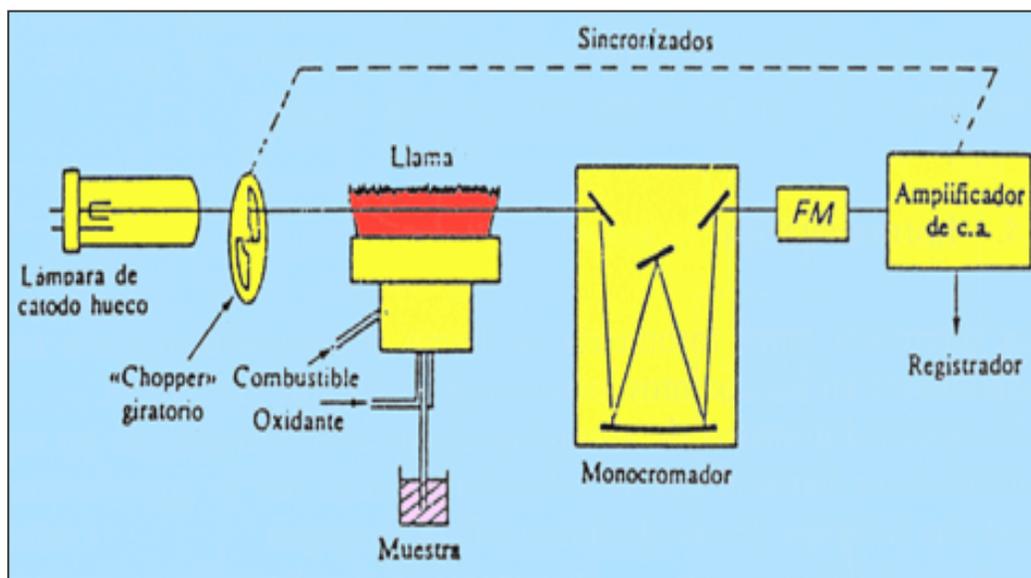


Fig. N° 5. Esquema de Espectrofotómetro de Absorción Atómica

CAPITULO IV
DISEÑO METODOLOGICO

4.0. DISEÑO METODOLOGICO

4.1. Tipo de Estudio: Experimental, de Campo y Prospectivo

4.2. Investigación Bibliográfica

-Biblioteca de la Facultad Química y Farmacia de la Universidad de El Salvador

-Biblioteca de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de El Salvador

-Biblioteca del Ministerio de Salud

-Biblioteca del Jardín Botánico, Plan de La Laguna, Antgo. Cuzcatlan

-Internet

4.3. Investigación de Campo

Universo y Muestra

4.3.1. Universo: Familia Bromeleaceas, especie: *Tillandsia vicentina standl.*, ubicada en el Municipio de La Palma, departamento de Chalatenango.

4.3.2. Muestras: 14 muestras de *Tillandsia vicentina standl.*, 2 muestras colocadas en zona testigo, (Municipio de La Palma, Chalatenango) y 12 muestras en la zona a monitorear (Municipio de Ilobasco, Cabañas).

4.4. Selección e Identificación de Biosensor

Se recolectaron 30 muestras del género *Tillandsia*, a una altura de 3 mts. en el municipio de La Palma, departamento de Chalatenango. Se trasladaron a las instalaciones del Jardín Botánico La Laguna para su respectiva identificación, encontrándose dos tipos de especies: *Tillandsia seleriana* y *Tillandsia vicentina standl.*, identificándose perfectamente ambas, ya que se encontraron en su período de floración.



Fig. N°6. Ejemplares de *Tillandsia seleriana* y *Tillandsia vicentina standl.* en su periodo de floración

De las muestras anteriores, se tomaron 14 ejemplares de *Tillandsia vicentina standl.*, validándose la utilización de esta especie, por medio de una auténtica certificada por la institución. (Ver esquema de trabajo en Fig.N°7)

Esquema de trabajo para la selección del biosensor:

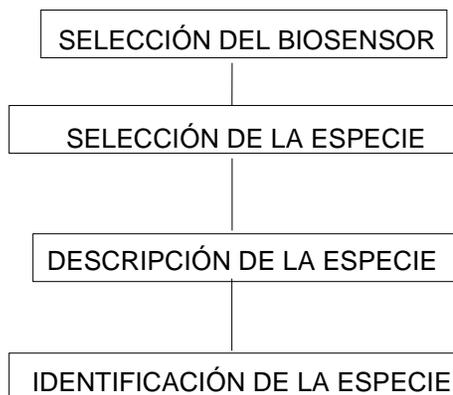


Fig. N°7. Proceso de Selección e identificación del biosensor.

4.5. Ubicación de Muestras (Biosensores)

De las 14 muestras identificadas como *Tillandsia vicentina standl.*, se seleccionaron dos muestras, que sirvieron como testigo de una zona con mínima contaminación, y se colocaron en el Municipio de La Palma, Chalatenango. (Zona testigo).

Para el muestreo, se seleccionó el Municipio de Ilobasco, departamento de Cabañas, donde se ubicaron 4 puntos de muestreo que corresponden a:

Punto N°1: Zona urbana del Municipio de Ilobasco

Punto N°2: Zona de talleres artesanales del Municipio de Ilobasco

Punto N°3: 1 Km. de distancia de la zona de talleres artesanales

Punto N°4: 5 Km. de distancia de la zona de talleres artesanales

En cada uno de ellos, se colocaron 3 muestras a una altura de 3 mts.

Las muestras ubicadas en la zona testigo y zona de muestreo fueron colocadas en estopas de coco y fijadas con alambre de acero inoxidable.



Fig. N° 8. Colocación de biosensores en soportes.

Metodología de Selección de la zona testigo y zona de Muestreo

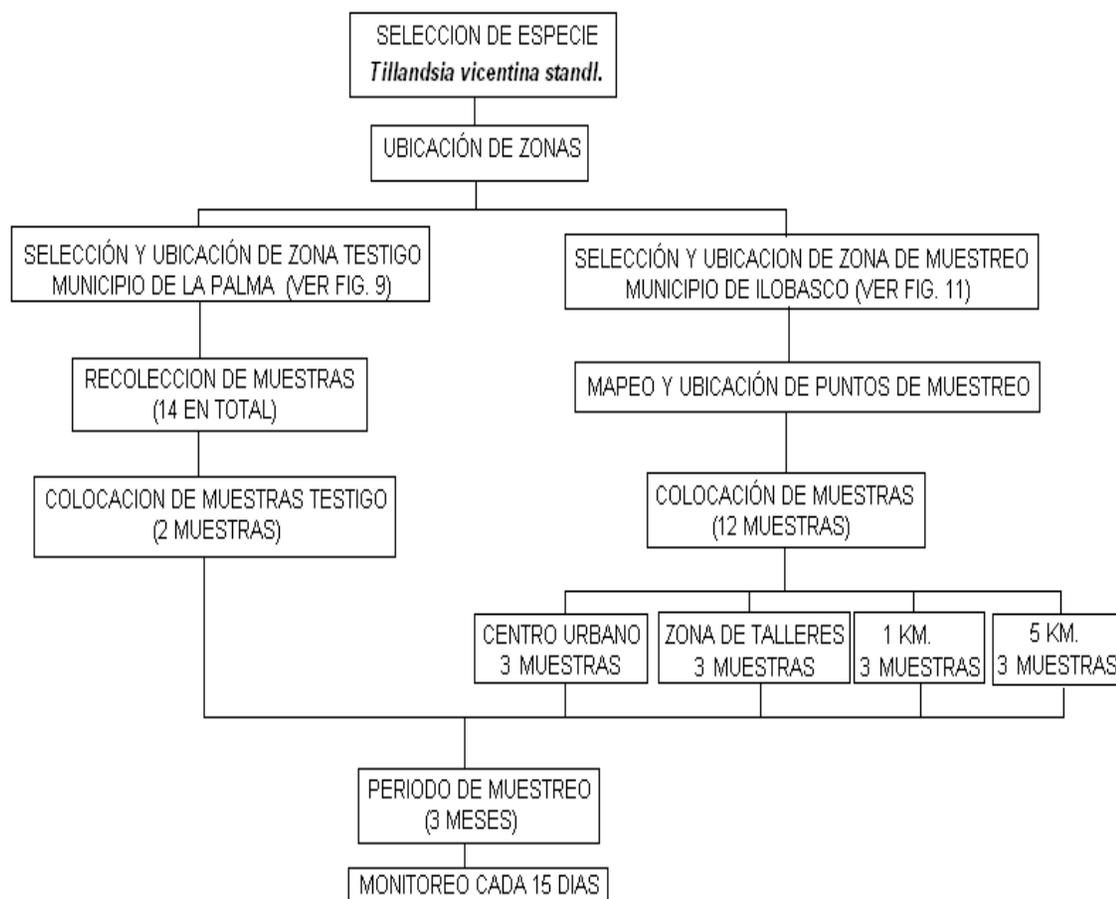
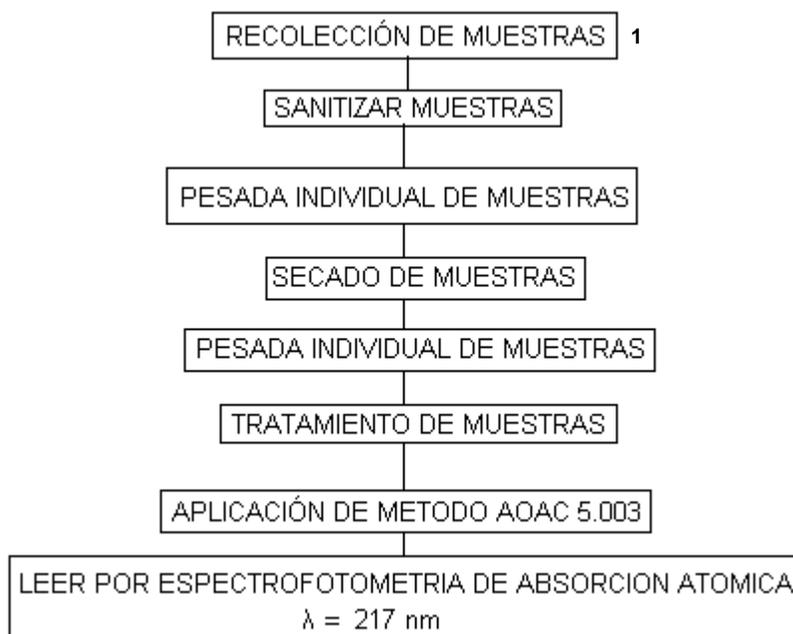


Fig. N°9. Esquema de trabajo empleado en zona testigo y zona de muestreo.

Finalizado el período de muestreo, se procedió a la recolección de las muestras en la zona testigo (La Palma, Chalatenango), y la zona de muestreo (Ilobasco, Cabañas). Los cuidados que se tuvieron para la recolección de todas las muestras fueron, con el objeto que fuesen manipuladas de la mejor manera para evitar cualquier factor que pudiese alterar las mediciones.

Luego de la recolección, la metodología de tratamiento de la muestra según la fig. N°10 fue la siguiente:



1. Las muestras se recolectaron en orden según ubicación, rotulándolas debidamente, colocándolas en hojas de papel bond y luego en bolsas, con la finalidad de evitar una contaminación proveniente del exterior al ser trasladadas.

Fig. N°10. Metodología de recolección de muestras y aplicación de método AOAC 5.003.

4.6. Método de Análisis por Absorción Atómica

Se empleó el método de Espectrofotometría de Absorción Atómica para determinar metales pesados según el apartado N° 5.003 de la AOAC ⁽⁸⁾. Cabe mencionar, que el tratamiento de la muestra para utilizar este método de análisis fue adaptado a tejido foliar.

4.6.1. Tratamiento de La Muestra ⁽⁸⁾

Una vez recolectadas las 14 muestras de *Tillandsia vicentina standl.*, se procede con lo siguiente:

1. Lavar y sanitizar con agua destilada (Ver Anexo 1) para eliminar residuos y suciedad. Luego, proceder a deshojar cada planta.
2. Pesar individualmente cada muestra. (Ver Anexo 1)
3. Colocar las muestras deshojadas en hojas de papel bond debidamente rotuladas (con el nombre del lugar del punto de muestreo y fecha de recolección). Dejar secar a temperatura ambiente para que pierdan humedad.
4. Tomar el peso individual de cada planta después de secada. (Ver Anexo 2)
5. Triturar individualmente cada planta con la ayuda de un mortero y pistilo para obtener fragmentos pequeños y homogéneos.

4.6.1.1. Determinación de Plomo de la muestra por método AOAC

5.003 adaptado a tejido vegetal.

El tratamiento individual por cada planta fue el siguiente:

1. Pesar 0.6 g de muestra en balanza analítica, y transferir a un tubo de ignición. Adicionar 5 mL de ácido nítrico concentrado (HNO_3) y agregar 2 perlas de ebullición a cada tubo. (Ver Anexo 3)
2. Realizar el procedimiento anterior con las 13 muestras restantes. Colocar los tubos en Baño María, sostenidos con pinzas de extensión, para que estos

no reciban calor en forma directa (evitando alguna reacción violenta y por tanto, pérdida de la muestra). (Ver Anexo 3)

3. Digerir por 3 horas hasta condensación de vapores manteniendo la temperatura de 100 °C (como punto crítico, verificar que el contenido del tubo esté dentro del nivel del agua).
4. Enfriar cada solución manteniéndola a una temperatura de 60 °C ± 1. Dejar reposar por media hora para que sedimenten los residuos de la planta.
5. Filtrar las soluciones de cada tubo utilizando un embudo Goosh 4 M (lavando el embudo con Ácido Sulfúrico 3N, Ácido Clorhídrico 3N y abundante agua destilada para evitar contaminación en cada filtrada de muestra) Se realizan 4 lavados más, utilizando agua destilada.
6. Filtrar nuevamente en embudo Buchner, con papel Watman, realizando 2 lavados de 5 mL cada uno con agua destilada.
7. Transferir a un balón volumétrico de 25 mL y aforar con agua destilada.
8. Realizar las lecturas de las soluciones por Espectrofotometría de Absorción Atómica a una $\lambda = 217\text{nm}$.

4.7. Preparación de Estándares para Calibración de Equipo de Absorción Atómica ⁽¹⁾

Partiendo de una solución de 1000 ppm (preparado a partir de Nitrato de Plomo utilizando como solvente ácido nítrico), Se prepararon estándares de 3, 6, 9 y 12 ppm y un blanco, en un volumen de 100.0 mL, aforando con agua bidestilada y posteriormente, se leyeron las muestras por absorción atómica.

4.7.1. Lectura de Estándares y Muestras

La preparación de estándares se realizó para calibrar el equipo, utilizando un equipo de Absorción Atómica a una longitud de onda de $\lambda = 217$ nm. Luego de calibrado el equipo, se procedió a realizar la lectura de las muestras.

4.8. Selección de Método Estadístico ⁽²⁾

El método estadístico utilizado, fue el de distribución de la t de Student por comparación de medias para poblaciones pequeñas, aplicables al número de muestras que se emplearon. Este método es empleado, cuando se trabaja con datos cuantitativos y se desea conocer si existen diferencias entre dos grupos.

4.8.1. Tamaño de muestra

El objetivo de aplicar el método de prueba por comparación de medias es, eliminar al máximo las fuentes de variación por medio de la formación de parejas similares, para tener la menor posibilidad que exista error en los resultados. Para ello, se estimó que el número de muestras a elegir sería de dos, tomando para ello lecturas similares para cada punto de muestreo.

4.8.1.1. Formulación de Hipótesis

Para tal propósito se formularon dos tipos de hipótesis en la cual se hizo la relación del nivel medio obtenido por cada punto de muestreo con el nivel medio obtenido en muestras testigo así:

Hipótesis nula (H_0):

¡Error! No se pueden crear objetos modificando códigos de campo.

Si el nivel medio de Plomo absorbido por las plantas para cada punto muestreado es igual al nivel medio de Plomo absorbido de las plantas testigo.

Hipótesis alternativa (H_i):

¡Error! No se pueden crear objetos modificando códigos de campo.

Si el nivel medio de Plomo absorbido de las plantas por cada punto muestreado es mayor que el nivel medio de Plomo absorbido de las plantas testigo.

Donde:

μ_1 : punto de muestreo

μ_2 indica el grupo representado por muestras testigo

4.8.1.2. Planteamiento de zonas de Aceptación y rechazo de Hipótesis nula (H_0)

Según el tamaño de muestra de 2 ($n = 2$) se tomó como nivel de significación y de confianza los siguientes valores:

Nivel de Significación (α): 0.05

Nivel de Confianza: 0.95

El nivel de Significación (representando por α) demuestra que existe un 5% de probabilidad de error, por tanto, hay una probabilidad del 95% de exactitud en el estudio (nivel de confianza).

Posteriormente, se delimitaron las zonas de aceptación y rechazo de la hipótesis nula (H_0), de la siguiente manera:

Determinando los grados de libertad por la siguiente fórmula:

$$\nu = n_1 + n_2 - 2 = 2 \quad \text{Ec. (1)}$$

$n_1 =$ N° de Muestras Testigo (2)

$n_2 =$ N° de Muestras por cada punto de muestreo (2)

Determinación de T_α .

Obtenido el valor de los grados de libertad (2), se procede a buscar T_α por medio de la tabla de distribución t de Student. (Ver Anexo 4) Así, el valor crítico de $t_{\alpha=2}$ grados de libertad con un nivel de significación de 0.05 es ± 2.92 (Ver Fig. N°11).

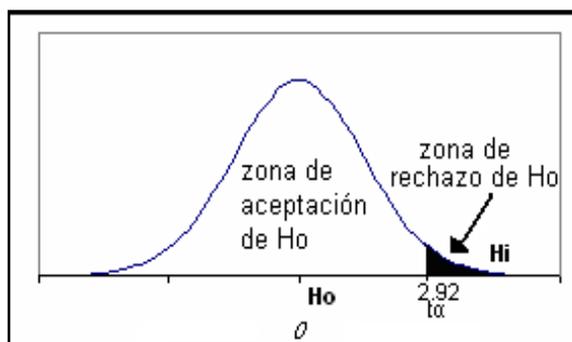


Fig. N°11. Gráfica de Límite de Aceptación y Rechazo de H_0 .

Haciendo uso de la tabla de hipótesis de una cola, el valor encontrado es de $t_\alpha = 2.92$, donde t_α es el límite de rechazo o aceptación de la hipótesis nula.

Este valor es obtenido, por medio de los grados de libertad en relación con el límite de confianza encontrado en la tabla de distribución de t de Student con ν grados de libertad.

Determinación de T crítica (Tc)

Luego se procedió a calcular la Tc según la fórmula siguiente:

$$T_c = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{\frac{n_1 S_1^2 + n_2 S_2^2}{n_1 + n_2 - 2}} \cdot \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}}$$

Ec.(2)

Donde:

\bar{X}_1 : Es la media aritmética de las muestras testigo.

\bar{X}_2 : Es la media aritmética por cada punto de muestreo.

S_1^2 : Es la varianza de muestras testigo

S_2^2 : Es la varianza por cada punto de muestreo

n_1 : Tamaño de muestras testigo

n_2 : Tamaño de muestras por cada punto de muestreo

Por medio de este método estadístico, se espera comprobar si el nivel medio de Plomo absorbido de los biosensores ubicados en cada punto de muestreo, es mayor que el nivel medio de Plomo absorbido por los biosensores testigo.

CAPITULO V

RESULTADOS Y DISCUSION DE RESULTADOS

5.0. RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1. Selección e Identificación del Biosensor

La selección del género *Tillandsia* como herramienta para este tipo de estudio, se basó, en las cualidades y ventajas que este biosensor posee.

Los criterios tomados para seleccionar esta especie fueron los siguientes:

- Según investigación bibliográfica ⁽⁶⁾, esta especie es considerada como un buen indicador de contaminantes por metales pesados.
- El género *Tillandsia* se caracteriza por ser un tipo de planta epífita; es decir, que sus nutrientes provienen del aire. Por tanto, cualquier tipo de contaminante ambiental puede ser captado. ⁽⁷⁾.
- Es una especie fácilmente identificable por un especialista botánico, ya que presenta características muy particulares.
- Se encuentra distribuida ampliamente y en abundancia en la zona testigo y en la que se desarrolló el muestreo. (Ver. Anexo N° 5)
- Se reproduce continuamente, lo que hace que esté disponible durante todo el año.
- El tipo de biomonitorio empleado en la investigación es de tipo activo. Este permite, determinar la contaminación por Plomo en el aire a corto plazo.

En base a los criterios anteriormente mencionados, se seleccionó la especie de *Tillandsia vicentina standl.* ⁽¹⁴⁾. En nuestro país, no existen trabajos previos de la acción de los contaminantes del aire sobre esta especie, así como de su empleo como biosensor o biomonitor vegetal; sin embargo, cabe destacar que

se la conoce extensamente, como una especie ideal indicadora de contaminación atmosférica, así como las demás especies del mismo género (6).

La clasificación científica que esta especie presenta es la siguiente:

Nombre Científico: *Tillandsia vicentina standl.* (17)

Reino:	Plantae
División:	Angiosperma
Clase:	Monocotiledóneas
Orden:	Bromeliales
Familia:	Bromeliáceae
Género:	Tillandsia
Especie:	vicentina Standley



Las especies de *Tillandsia* se caracterizan por ser epífitas (19), es decir, en la naturaleza crecen normalmente sobre otras plantas, sin ser parásitos, y crecen fuera del suelo, generalmente en árboles, o en rocas y acantilados. Se alimenta del aire (polvo), a través de las estructuras en las hojas llamadas tricomas. La floración es constante y puede prolongarse a lo largo de muchos meses.

(Ver identificación de *Tillandsia vicentina standl.* en Anexo 6) Identificado y validado, el uso de *Tillandsia vicentina standl.* como biosensor, se prosiguió, a ubicar en el mapa del país, dos tipos de zonas para el desarrollo del estudio; seleccionando para ello, dos municipios: el municipio de La Palma, dpto. de Chalatenango (zona testigo) y el municipio de Ilobasco, dpto. de Cabañas (zona de muestreo). (Ver Pag. 47)

5.2. Selección de Zona Testigo ⁽¹³⁾

El municipio de La Palma ubicado en el departamento de Chalatenango, está limitado al norte por Cítala y San Ignacio, al noreste por la República de Honduras, al este por San Fernando, al sureste por La Reina, al sur por Agua Caliente y La Reina, al suroeste por Agua Caliente, al oeste por Metapán y al noroeste por Cítala.

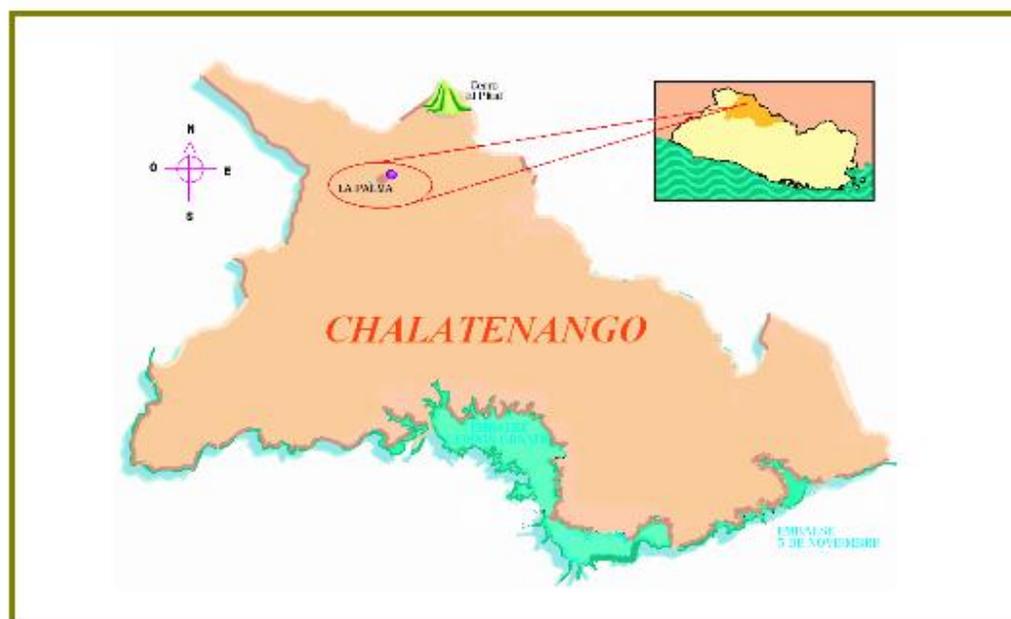


Fig. Nº 12. Mapa del departamento de Chalatenango

Este Municipio es reconocido, como una zona con bajos niveles de contaminación ambiental, eligiéndose de esta manera para la ubicación de las muestras testigo. Las áreas de menor contaminación, están ubicadas entre la jurisdicción de San Ignacio y La Palma. Desde 1994, la zona es protegida y conservada como área natural, con una altitud de 1800 hasta los 2,730 metros sobre el nivel del mar ⁽¹³⁾. Se caracteriza por poseer bosques nebulosos y

pinares. En dicho lugar, cabría esperar que los niveles de concentración de elementos tóxicos y en particular el Plomo, sean bajos al existir una significativa área verde, boscosa y calificada como una importante reserva natural.

Teniendo en cuenta anteriormente todas estas características, se escogió como sitio ideal para la recolección de 14 muestras de *Tillandsia vicentina standl.*, de las cuales, 2 se ubicaron en la misma zona de recolección (muestras testigo) y 12 se trasladaron al área de muestreo.

5.3. Selección de Zona de Muestreo

Se seleccionó en el Municipio de Ilobasco la zona de talleres de cerámica, ya que se presume que en ese lugar, existe una posible fuente de contaminación debido al uso de barniz a base de Plomo utilizado en el proceso de vidriado de las artesanías.(Ver Fig.13).



Fig. N°13. Pinturas y barniz a base de Plomo utilizados para la el proceso de vidriado en piezas de barro.

Cuenta con una población de 82,000 habitantes, quienes se dedican a la producción de artesanías de barro, la ganadería, agricultura y negocios comerciales dentro de la localidad. (Ver Fig. N°14).

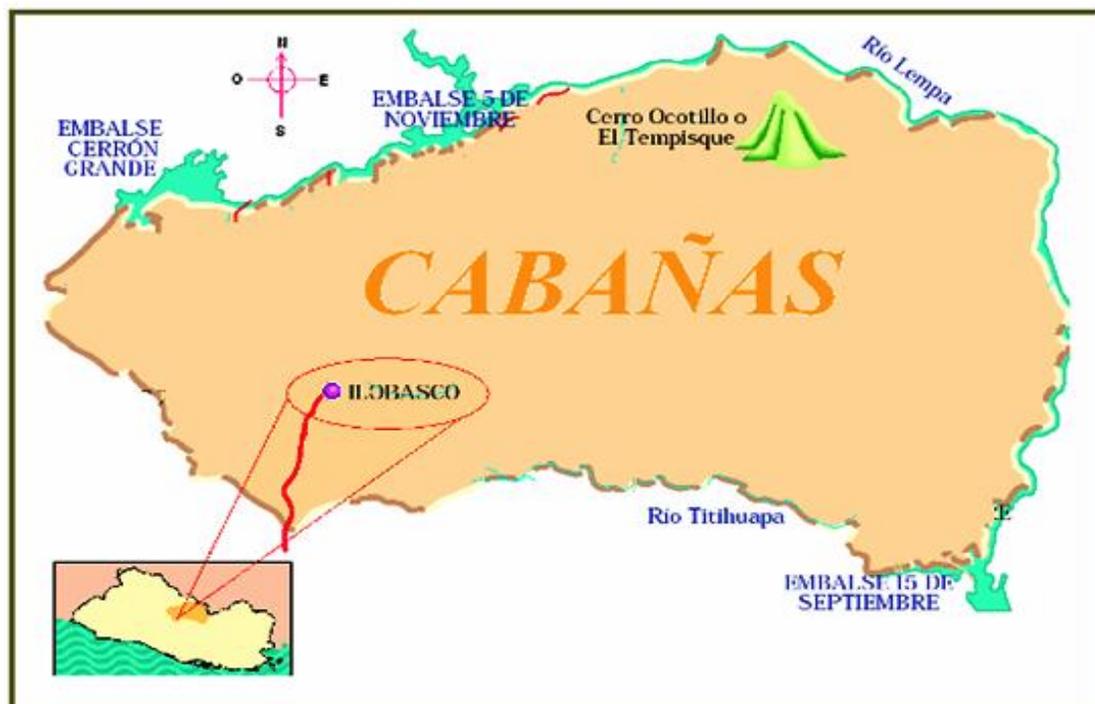


Fig. N°14. Mapa del Departamento de Cabañas. En círculo, el Municipio de Ilobasco

5.3.1. Mapeo de Sitios de Muestreo

Luego de seleccionada la zona de muestreo, se seleccionaron 4 puntos a monitorear. Se partió, desde el centro del municipio de Ilobasco, hasta la entrada del mismo, en dirección Norte-Sur, debido a la velocidad de los vientos predominantes en la región; ubicándose cada punto de muestreo en el mapa del municipio de la siguiente manera: (Ver Fig. N° 15).

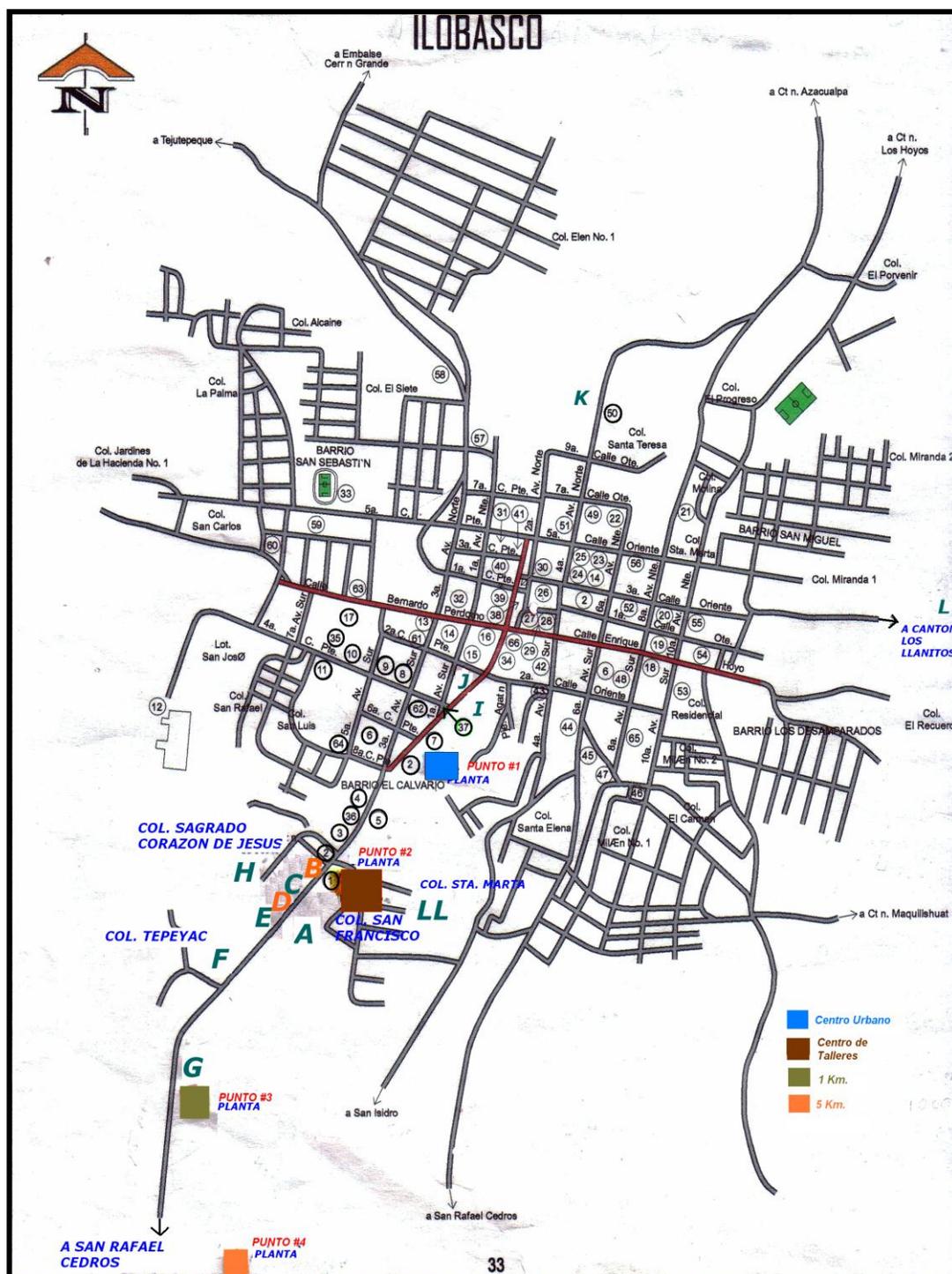


Fig. N° 15. Ubicación de los Puntos de muestreo en el Municipio de Ilobasco.

En el siguiente cuadro, se presenta la ubicación de las zonas testigo y de muestreo. El número de muestras colocadas en cada punto se hizo, con la finalidad de obtener un muestreo representativo. Además, se consideró el tipo de método estadístico a emplear, establecido en base a un muestreo pequeño.

Cuadro N°1. Ubicación de los puntos de muestreo

PUNTOS DE MUESTREO	UBICACION	TIPO DE ZONA	ALTURA	N° DE MUESTRAS
TESTIGO	Municipio de La Palma, Chalatenango	Baja contaminación	3 mts.	2
1	Centro del municipio de Ilobasco	Urbana	3 mts.	3
2	Zona de talleres artesanales de barro	Talleres	3 mts.	3
3	1 Km. De distancia de los talleres	Carretera	3 mts.	3
4	5 Km. De distancia de los talleres	Carretera	3 mts.	3
				Total =14

El punto N°1, representa el centro urbano del Municipio de Ilobasco, un sitio muy concurrido y poblado. Se monitoreó este punto para conocer la contaminación que tiene el lugar con respecto a la zona de talleres artesanales. (Ver Anexo 7).

En el punto N°2, se presume una posible fuente de contaminación, ocasionada por los talleres artesanales que emanan vapores de Plomo debido al barniz que utilizan para darle un acabado de brillo a las piezas de barro. Se esperaría que el lugar se encuentre contaminado con dicho metal pesado. (Ver Anexo 7).

Los puntos de muestreo N°3 y N°4, se colocaron a 1 Km. y 5 Km. de distancia de la zona de talleres.

Se pretende conocer si existe la posibilidad que el Plomo proveniente de los talleres artesanales recorra esa distancia, debido a la dirección de los vientos en el país.

5.3.2. Muestreo

El muestreo se basó, en los requerimientos de la Norma Salvadoreña Oficial 13.11.01:01., (Ver Anexo 8) en la que establece, dos límites de inmisión: anual y trimestral, por lo que se eligió el muestreo de tres meses (del 25 Mayo al 25 Agosto de 2007).

El estudio se realizó en la época de verano, por ser el período de mayor actividad en cuanto a la producción de artesanías en el lugar; ya que los obreros las elaboran con tiempo suficiente para abastecerse de productos durante las ventas en fin de año.



Fig. N°16. Piezas de barro revestidas con barniz

Todas las muestras fueron sostenidas por medio de estopas de coco, como un método de soporte (Ver Pág.48), y se encontraban en constante revisión (cada

15 días desde la colocación de las muestras en cada punto), para evitar pérdidas y verificar que se mantuvieran en las mismas condiciones que estuvieron inicialmente.

5.4. Recolección de muestras y cuantificación de Plomo absorbido por el biosensor mediante Espectrofotometría por Absorción Atómica

Finalizado el período de muestreo, las muestras se recolectaron (Ver Anexo 9) fueron tratadas según método de la AOAC 5.003, adaptado a tejido foliar. Para cuantificar las cantidades de Plomo que absorbieron los biosensores (muestras), tanto en la zona testigo como de muestreo, se utilizó el método de Espectrofotometría por Absorción Atómica. Se prepararon un blanco y Estándares con concentraciones de 3, 6, 9 y 12 ppm., con la finalidad de calibrar el aparato. Las lecturas de cada dilución se presentan en Cuadro N°2

Cuadro N° 2. Concentraciones de los diferentes Estándares y sus respectivas lecturas a una longitud de onda de 217 nm.

Concentración de Estándares (ppm)	Lectura de Absorbancia ($\lambda= 217\text{nm}$)
Blanco	0.001
3	0.036
6	0.064
9	0.089
12	0.121

En la siguiente gráfica se presenta la curva de calibración corregida

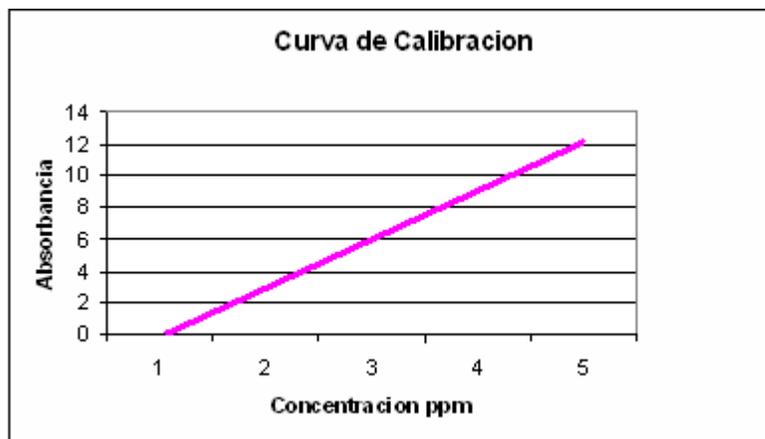


Fig. N° 17. Grafico de absorbancia de los diferentes estándares para calibración de equipo de Absorción Atómica.

5.4.1. Lectura de muestras

Las concentraciones de las muestras se reportaron en unidades de microgramos por mililitro ($\mu\text{g/mL}$), y se expresaron en cuadro N°3.

Cuadro N°3 Lectura de Muestras obtenidas en ($\mu\text{g/mL}$).

Identificación de la Muestra	Lectura Plomo ($\mu\text{g/mL}$)
Control #1 (Testigo)	0.06
Control #2 (Testigo)	0.06
Punto 1 Mx 1 (C. Urbano)	0.20
Punto 1 Mx 2 (C. Urbano)	0.47
Punto 1 Mx 3 (C. Urbano)	0.21
Punto 2 Mx 1 (Z. Talleres)	0.26
Punto 2 Mx 2 (Z. Talleres)	0.21
Punto 2 Mx 3 (Z. Talleres)	0.24
Punto 3 Mx 1 (1Km)	0.19
Punto 3 Mx 2 (1Km)	0.00
Punto 3 Mx 3 (1Km)	0.16
Punto 4 Mx 1 (5Km)	0.50
Punto 4 Mx 2 (5Km)	0.19
Punto 4 Mx 3 (5Km)	0.14

5.4.1.1. Conversión de Unidades

Como se aprecia en el cuadro anterior, los resultados obtenidos están expresados en ($\mu\text{g/mL}$). Debido a que la Norma Salvadoreña Oficial (NSO 13.11.01:01) ⁽¹¹⁾, establece un sistema de unidades expresadas en $\mu\text{g/m}^3$, es necesario realizar las conversiones necesarias para que estas, puedan ser comparadas con las mismas unidades utilizadas por la Norma.

Para ello se realizó la conversión de $\mu\text{g/mL}$ (P/V) a unidades de $\mu\text{g/g}$ (P/P).

(Ver Anexo 10)

Las unidades de lectura directa (muestra sin diluir), están dadas en $\mu\text{g/mL}$

$$\text{ppm de Plomo} = \frac{\text{Lectura de concentración de la muestra X volumen inicial}}{\text{Peso de muestra}} \quad \text{Ec. (3)}$$

Sustituyendo en la fórmula para la muestra Control #1 (Testigo) se tiene:

$$\text{ppm de Plomo} = \frac{0.06 \mu\text{g/mL} \times 25.0 \text{ mL}}{0.6 \text{ g}}$$

Eliminando unidades se obtiene:

$$\text{ppm de Plomo} = 2.5 \mu\text{g/g}$$

Se procedió de igual manera para cada una de las muestras, obteniéndose los resultados en el cuadro siguiente:

Cuadro N°4. Conversión de Lecturas de Plomo a Peso/Peso (P/P)

Identificación de la Muestra		$\mu\text{g/g}$
Control #1	(Testigo)	2.50
Control #2	(Testigo)	2.50
Punto 1 Mx 1	(C. Urbano)	8.33
Punto 1 Mx 2	(C. Urbano)	19.58
Punto 1 Mx 3	(C. Urbano)	8.75
Punto 2 Mx 1	(Z. Talleres)	10.83
Punto 2 Mx 2	(Z. Talleres)	8.75
Punto 2 Mx 3	(Z. Talleres)	10.00
Punto 3 Mx 1	(1Km)	7.92
Punto 3 Mx 2	(1Km)	0.00
Punto 3 Mx 3	(1Km)	6.67
Punto 4 Mx 1	(5Km)	20.83
Punto 4 Mx 2	(5Km)	7.92
Punto 4 Mx 3	(5Km)	5.83

Gráficamente se observa lo siguiente:

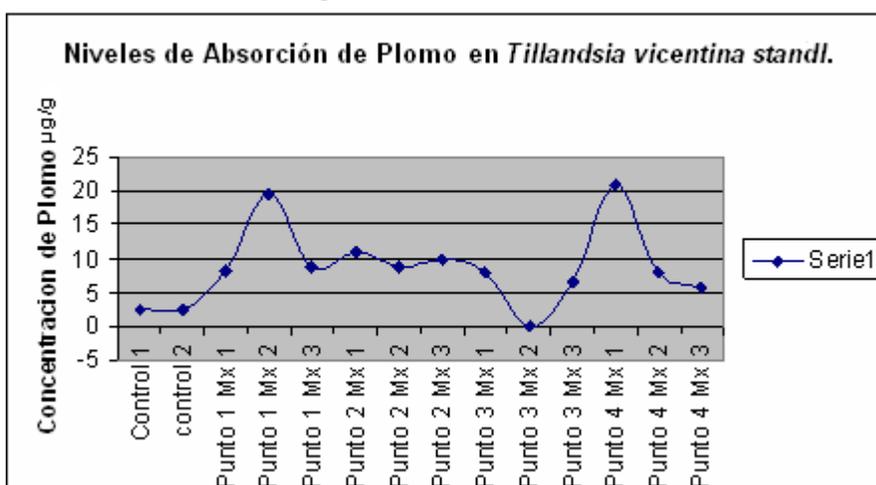


Figura N° 18. Gráfica comparativa y cambio del nivel de Absorción de Plomo en *Tillandsia vicentina standl* en los diferentes puntos durante el período de muestreo.

En la gráfica anterior, se observa que las plantas testigo (control 1 y 2), ubicadas en el municipio de La Palma, reportaron una absorción de Plomo de 2.50 ppm., obteniéndose niveles bajos en plomo, comparados con las muestras expuestas a la contaminación en la zona de estudio (municipio de Ilobasco); obteniéndose, un incremento en la concentración de Plomo en *Tillandsia vicentina standl.*, con una lectura mínima de 5.83 y una máxima de 20.83 ppm. Dichos datos, evidencian el cambio en el nivel de concentración de Plomo absorbido por el biosensor.

Luego de obtenidas las unidades en ppm (P/P), se procedió a convertirlo a microgramos/ metro cúbico ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) (Ver Anexo 11), para poder comparar los resultados con la NSO mediante la ecuación 4:

$$\mu\text{g}/\text{m}^3 = \frac{\text{ppm} \times \text{peso molecular} \times P}{R \times T} \quad \text{Ec. (4)}$$

Donde:

P= Presión atmosférica en atm

T = Temperatura en °K

R= $0.08208 \frac{\text{atm. L}}{\text{mol}^\circ\text{K}}$

En condiciones estándar, $P = 1 \text{ atm}$, $T = 298^\circ\text{K}$, el valor de R es una constante.

Sustituyendo en Ec. (4) la lectura de muestra control N°1 (Testigo) (Ver Cuadro N°4) se tiene:

$$\mu\text{g}/\text{m}^3 = \frac{2.5 \text{ ppm} \times 207.2 \text{ g}/\text{Mol} \times 1 \text{ atm}}{24.5 \frac{\text{atm} \cdot \text{L}}{\text{mol} \cdot \text{K}}} \frac{1 \text{ m}^3}{1000\text{L}}$$

$$\mu\text{g}/\text{m}^3 = 21142.688$$

Aplicando la fórmula para cada punto se obtiene los valores siguientes:

Cuadro N°5. Lecturas de Plomo en $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Identificación de muestra	$\mu\text{g} / \text{m}^3$
Control #1 (Testigo)	21142.688
Control #2 (Testigo)	21142.688
Punto 1 Mx 1 (C. Urbano)	70475.626
Punto 1 Mx 2 (C. Urbano)	165617.723
Punto 1 Mx 3 (C. Urbano)	73999.408
Punto 2 Mx 1 (Z. Talleres)	91618.314
Punto 2 Mx 2 (Z. Talleres)	73999.408
Punto 2 Mx 3 (Z. Talleres)	84570.752
Punto 3 Mx 1 (1Km)	66951.845
Punto 3 Mx 2 (1Km)	0.000
Punto 3 Mx 3 (1Km)	56380.501
Punto 4 Mx 1 (5Km)	176189.067
Punto 4 Mx 2 (5Km)	66951.845
Punto 4 Mx 3 (5Km)	49332.938

Los valores del cuadro anterior, convertidos a unidades de $\mu\text{g} / \text{m}^3$, representan valores aparentes del nivel de concentración de Plomo en el biosensor, por tanto, estos son divididos por un Factor de Acumulación de Aire (AAF) ⁽¹⁰⁾; con la finalidad de estimar y conocer el valor real de la cantidad retenida de partículas de Plomo de la atmósfera en *Tillandsia vicentina standl.*, y así obtener una medida de la eficiencia en cuanto a la retención de Plomo que tuvo la planta.

La fórmula se plantea de la siguiente manera:

$$\mathbf{AAF^* = PAc (mg g^{-1} \text{ peso seco}) / CA (mg m^{-3})} \quad \mathbf{Ec. (5)}$$

Donde:

PAc = Contribución atmosférica de metales en plantas

CA= Concentración del metal en la atmósfera

AAF⁺: Valor de acumulación adimensional de 48493.9431, determinado mediante estudios en especies de *Tillandsia* a nivel mundial.

Despejando la fórmula se tiene:

$$CA = \frac{PAc}{AAF^*}$$

Ec. (6)

Aplicando Ec. (6) para el punto control N°1 (testigo) se tiene:

$$CA = \frac{21142.6880}{48493.9431}$$

$$CA = 0.43598616$$

Sustituyendo los valores para cada punto en Ec. (6), se obtienen los siguientes resultados:

Cuadro N° 6. Valores para cada muestra en $\mu\text{g} / \text{m}^3$, corregidos mediante AAF. (Ver Anexo12)

Identificación de muestra	PA_c ($\mu\text{g} / \text{m}^3$)	$\frac{\text{PA}_c}{\text{AAF}}$
Control #1 (Testigo)	21142.688	0.43598616
Control #2 (Testigo)	21142.688	0.43598616
Punto 1 Mx 1 (C. Urbano)	70475.626	1.45328727
Punto 1 Mx 2 (C. Urbano)	165617.723	3.41522491
Punto 1 Mx 3 (C. Urbano)	73999.408	1.52595156
Punto 2 Mx 1 (Z. Talleres)	91618.314	1.88927336
Punto 2 Mx 2 (Z. Talleres)	73999.408	1.52595156
Punto 2 Mx 3 (Z. Talleres)	84570.752	1.74394464
Punto 3 Mx 1 (1Km)	66951.845	1.38062284
Punto 3 Mx 2 (1Km)	0.000	0.00000000
Punto 3 Mx 3 (1Km)	56380.501	1.16262976
Punto 4 Mx 1 (5Km)	176189.067	3.63321799
Punto 4 Mx 2 (5Km)	66951.845	1.38062284
Punto 4 Mx 3 (5Km)	49332.938	1.01730104

Aplicado el Factor de Acumulación de Aire (AAF) a las lecturas del cuadro anterior, se calcularon los valores promedio (Ver Anexo13) por cada punto de muestreo, y se comparó con el nivel permitido según NSO. (Ver Cuadro N°7)

Cuadro N°7. Cuadro comparativo de valores promedios de cada punto con el límite de la Norma 13.11.01:01.

Puntos de Muestreo	Promedios de Concentración de Plomo en $\mu\text{g} / \text{m}^3$	Limite permitido según NSO 13.11.01:01 (Período de Muestreo trimestral)
Control (Testigo)	0,44	1.5 $\mu\text{g} / \text{m}^3$
Punto 1	2,13	
Punto 2	1,72	
Punto 3	1,27	
Punto 4	2,01	

Gráficamente se expresa de la siguiente manera:

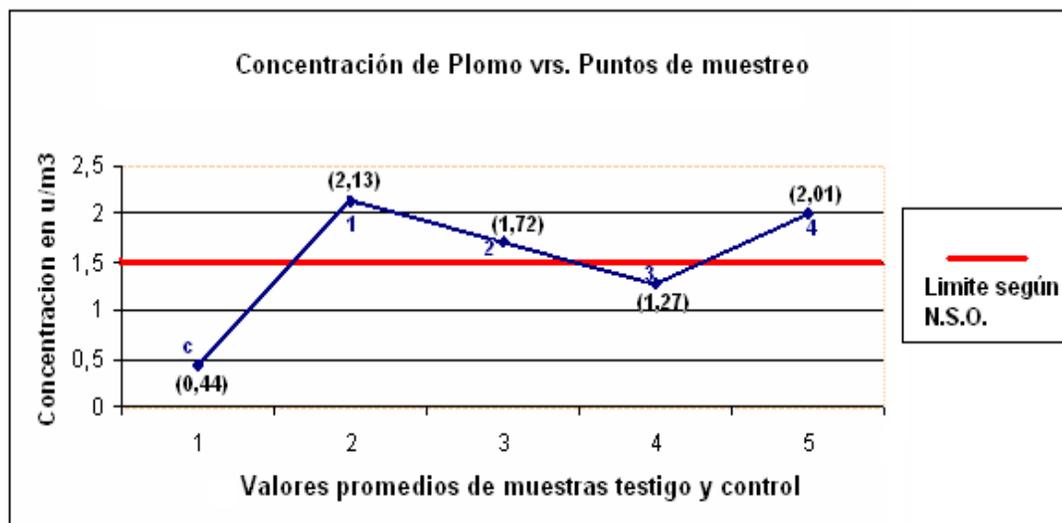


Figura N° 19. Grafico de comparación entre niveles de Plomo absorbidos en los diferentes puntos de muestreo vs. Límite permitido según NSO 13.11.01:01.

Según el gráfico anterior, la zona testigo (Municipio de La Palma) obtuvo un resultado de $0,44 \mu\text{g}/\text{m}^3$. A pesar de considerarse dicho lugar como un área ecológica, se considera que es un valor aceptable con respecto a la calidad de aire establecido por la Norma Salvadoreña (NSO), ya que este lugar no está exento a una posible presencia de Plomo natural.

El centro urbano del municipio de Ilobasco (Punto N°1), sobrepasó el límite de la Norma, reportando una concentración promedio de Plomo de $2,13 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Indica que el lugar, se encuentra con un elevado nivel de contaminación por Plomo. Debido a que, este punto de muestreo se encuentra antes de la zona de talleres (Punto de muestreo N°2), se presume que intervinieron otros factores de contaminación.

La zona de talleres artesanales (Punto N°2), reportó una concentración de 1,72 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, sobrepasando el límite según Norma. Este resultado indicó que efectivamente, las emanaciones de Plomo que emanan los talleres artesanales están presentes. Por tanto, el resultado fue el esperado, ya que se tomó en cuenta que el desarrollo del estudio se realizó en el tiempo de mayor producción de las artesanías y específicamente en una habitación cerrada sin contacto con el exterior.

A 1 Km. de distancia de los talleres (Punto N°3), la concentración de Plomo fue de 1,27 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Dicho valor, no logró sobrepasar el límite establecido según Norma. Cabe mencionar que pudo resultar un dato erróneo acerca del nivel de Plomo en el lugar, debido a que en una de las 3 muestras colocadas la concentración fue de 0,0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

A 5 Km. de distancia de los talleres (Punto N°4), se esperaba una que hubiese una reducción mayor en la concentración de Plomo, sin embargo, este presentó una lectura promedio de 2,01 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Se descarta que el alto nivel de Plomo que existe en este punto, sea debido a la fuente de contaminación que proviene de los talleres artesanales de barro.

5.5. Funcionamiento del Biosensor por Método estadístico

Posterior a la cuantificación de niveles Plomo por Absorción Atómica, se prosiguió a analizar estadísticamente el funcionamiento del biosensor por medio de la distribución de la t de Student. (Ver Pág.54)

Para determinar si las muestras absorben Plomo, se procedió a calcular el nivel medio de Plomo tanto en los puntos de muestreo como en las muestras testigo, las cuales se compararon para observar (por medio de la curva de distribución de la t de Student) si el nivel medio de Plomo en cada punto de muestreo resultó mayor que el nivel promedio de Plomo absorbido por las muestras testigo.

5.5.1. Tamaño de Muestra

Por cada punto de muestreo, se tomó un tamaño de muestra de 2 ($n = 2$) (Ver metodología de selección en Pág.54). De esta manera, se seleccionaron valores similares. (Ver Tabla N°1).

Tabla N°1. Tabla con valores similares para cada punto de muestreo

Identificación de muestra	$\frac{PAc}{AAF}$
Control #1 (Testigo)	0.43598616
Control #2 (Testigo)	0.43598616
Punto 1 Mx1 (C. Urbano)	1.45328728
Punto 1 Mx3 (C. Urbano)	1.52595156
Punto 2 Mx1 (Z. Talleres)	1.88927336
Punto 2 Mx3 (Z. Talleres)	1.74394464
Punto 3 Mx1 (1 Km.)	1.38062284
Punto 3 Mx3 (1 Km.)	1.16262976
Punto 4 Mx2 (5 Km.)	1.38062284
Punto 4 Mx3 (5 Km.)	1.01730104

Luego de seleccionar dos valores por cada punto de muestreo se calculó el T_c

(Ver Anexo 14) y se obtuvieron los siguientes datos:

Tabla N°2. Valores de T_c para cada punto de muestreo

Punto de Muestreo	T_c
1	21.20
2	3.48
3	5.46
4	4.05

Gráficamente por la Distribución t-Student, se tiene lo siguiente para el

Punto N°1:

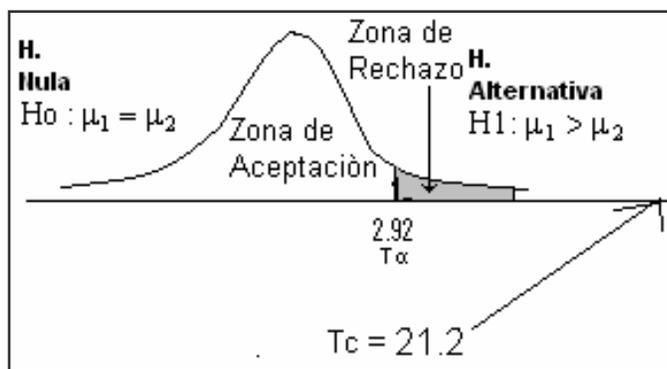


Fig. N° 20. Ubicación de t crítica (T_c) para el Punto de muestreo N°1 dentro del gráfico de una cola.

En la gráfica se observa que el punto N°1 obtuvo un resultado de $T_c = 21.2$, valor que sobrepasa el valor establecido de la $T_c = 2.92$. Significa que el biosensor ha captado contaminación, por tanto, se comprueba el funcionamiento de éste.

Los puntos N° 2, 3 y 4 con valores de $T_c = 13.48, 5.46$ y 4.06 superan la T_c , por tanto se reafirma la eficiencia a la captación de contaminantes por el biosensor. Como la Hipótesis Nula (H_0) plantea, que los niveles promedio de Plomo absorbido tanto por las plantas testigo como las de cada punto de muestreo presentan igual nivel promedio de Plomo absorbido (Ver Pag. 15); se rechaza la hipótesis, ya que los valores obtenidos de T_c representan un mayor nivel promedio de Plomo absorbido por el biosensor, al ser comparadas con el nivel promedio absorbido por el biosensor ubicado en la zona testigo aceptando de esta manera la hipótesis alternativa.

CAPITULO VI
CONCLUSIONES

6.0. CONCLUSIONES

1. La concentración de contaminación por Plomo que presentaba *Tillandsia vicentina standl.* en las muestras testigo era menor del límite permitido por NSO 13.11.01:01. No así en los puntos de muestreo. Estas presentaron concentraciones de Plomo significativas lo cual indica que *Tillandsia vicentina standl.*, acumuló Plomo del ambiente y por tanto, se considera como un buen captador de Plomo. Se considera apropiada para ser utilizada como biosensor, debido a las características y ventajas que presenta. Lo cual, constituye una alternativa en cuanto a métodos de detección de contaminantes por metales pesados (Plomo, Cadmio, Litio, mercurio) se refiere.
2. La zona testigo ubicada en el municipio de La Palma, es considerada como un sitio ideal de muestreo debido a que presentó un nivel promedio de Plomo bajo en comparación con el límite que establece la Norma Salvadoreña Oficial (NSO) 13.11.01:01.
3. En la zona urbana del Municipio de Ilobasco, el nivel promedio de Plomo es más alto comparado a la zona de centro de talleres artesanales, sobrepasando el límite según NSO 13.11.01:01. Cabe mencionar, que en el lugar, se encuentran talleres que todavía continúan utilizando el barniz a base de plomo.

4. El nivel promedio de Plomo en la zona de talleres artesanales sobrepasa el límite de la NSO N°13.11.01:01, aunque, actualmente, los talleres están siendo acreditados. Es posible que la contaminación se deba a la presencia de Plomo residual, debido al barniz con el que revestían anteriormente las piezas.
5. Se observó que a 1 Km. de distancia del Punto N°2 (zona de talleres artesanales) el nivel promedio de Plomo es bajo al ser comparado con la NSO N°13.11.01:01. Es probable que el Plomo proveniente de los talleres artesanales no haya recorrido esa distancia.
6. En el punto N°4 (a 5 Km. de distancia del centro de talleres), se esperaba una mayor en el nivel de Plomo, sin embargo, este resultó mayor comparado con el Punto N°3 (1 Km. de distancia) y con los talleres. El nivel alto que este punto presenta se debe a que en la zona se encuentra una refinería la cual esta en constante funcionamiento, así como el denso tráfico de vehículos pesados en la zona.
7. Estadísticamente, se comprobó que los niveles promedio de Plomo absorbido por el biosensor testigo es menor que el nivel promedio de Plomo absorbido por las muestras, Por tanto, se considera que ***Tillandsia vicentina standl***, funciona como un buen captador de contaminantes por metales pesados.

CAPITULO VII
RECOMENDACIONES

7.0. RECOMENDACIONES

1. Realizar una investigación que permita llevar a cabo un monitoreo en épocas de mayor y menor producción de artesanías en el lugar, así como en tiempo seco y lluvioso; para conocer si influyen factores externos como los cambios climáticos (lluvia ácida, cambios de temperatura, humedad, etc.).
2. Llevar a cabo un estudio en el que se monitoree individualmente cada taller fabricante de artesanías de barro, para determinar cual de ellos es el que libera más plomo al ambiente y detectar si todavía utilizan barnices a base de plomo.
3. Elaborar un estudio amplio y comparativo de dos diferentes métodos de muestreo (biomonitoreo vegetal y monitoreo electrónico) con el objetivo de cuantificar Plomo en los puntos de muestreo que sobrepasaron la NSO N°13.11.01:01,
4. Comparar el comportamiento entre un biosensor originario de la zona testigo (Municipio de La Palma) con los que se encuentran en la zona de estudio (Municipio de la Ilobasco).
5. Realizar una investigación en los puntos de muestreo N°1 y N°4, correspondientes a el centro urbano del Municipio de Ilobasco y a 5 Km. de distancia del centro de talleres, para determinar si existen otras posibles fuentes de contaminación que puedan estar provocando los altos niveles de plomo existentes.

6. Emplear biomonitores para cuantificar la contaminación por metales pesados en zonas industriales fundición de metales minerías industrias del cemento y refinerías entre otras .

BIBLIOGRAFIA

BIBLIOGRAFIA

1. Blanco R. y otros 2006. Evaluación de la Presencia de Plomo en Pinturas de Producción Nacional y en Utensilios de Cocina Elaborados con Barro Revestidos de Barniz y su Incidencia en la Salud Ocupacional de los Trabajadores. Trabajo de Licenciatura en Química y Farmacia. San Salvador, El Salvador, Centroamérica. 93 p.
2. Bonilla G. 1997 Estadística II. Métodos Prácticos de Inferencia Estadística. Cuarta Edición. UCA Editores. El Salvador.. p.129.
3. Carballeira. S. 200. Environmental Studies by means the use of Biomonitors and Nuclear Techniques (2000). En Biomonitoring of atmospheric pollution (with emphasis on tree elements) BioMap. Portugal.
4. Díaz Barriga, F. 1999. Curso de Autoinstrucción en Evaluación de Riesgos. Unidad de Toxicología Ambiental. Facultad de Medicina. Universidad Autónoma de San Luís. Potosí. México Disponible en:
<http://www.cepis.ops-oms.org/tutorial/casos/caso3/plom.html>
5. Do Nascimento F. y otros Marzo 2001. Biomonitorio: Caracterización espacial de la concentración de Plomo en Asunción. (En línea). Asunción, Perú. Consultado el día 10 de Marzo de 2007. Disponible en:
<http://www.recyt.org/files/PremioMecosal/2000PA/DocumentoCompleto.pdf?PHPSESSID=6cec651d85aeb640bc9afa8478571904>.
6. Korc E., (1999). Monitoreo de la calidad del aire en América Latina . Programa de Control de la Contaminación del aire, Centro Panamericano de

Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS) /Organización
Panamericana de la Salud / Organización Mundial de la Salud (OPS-OMS),
Lima – Perú.

7. Medina, E. (1990). Eco – Fisiología y Evolución de las Bromeláceas. Boletín de la Academia Nacional de Ciencias. Córdoba, Argentina. Tomo 19.
p. 71 – 100.
8. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists
AOAC, 1984. Fourteenth Edition.
9. Ubillus L, J.2003.Estudio sobre la presencia de plomo en el medio ambiente
de Talara en el año 2003.Tesis Digitales UNMSM (en línea). Lima, Perú.
Elaborado y diseño en formato PDF por la Oficina General del Sistema de
Bibliotecas y Biblioteca Central de la UNMSM. Consultado el día 1° de Marzo
de 2007. Disponible en:
http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/Tesis/Ingenie/ubillus_lj/cap4.pdf0 .
- 10..Williams P. y otros Biomonitoring of air Quality Using Plants. Air Higiene
Report. N°10 February 2000. Consultado el día 17 de Octubre 2007.
(En línea): <http://www.umweltbundesamt.de/whocc/titel/titel21.htm>
11. <http://www.ccad.ws/documentos/legislacion/ES/NSO13110101.pdf>
12. <http://www.elergonomista.com/saludpublica/plomo.htm>
13. <http://www.guanaquin.com/mipais/chalate/medio.shtm>
14. <http://fichas.infojardin.com/variedades/t/tillandsia.htm>
- 15.<http://www.lenntech.com/espanol/tabla-peiodica/Pb.htm>

16. <http://www.marn.gob.sv/biodiversidad/textospdf/RESUMENENB.pdf>
17. mobot.mobot.org/W3T/Search/uast.htm
18. http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/Tesis/Ingenie/ubillus_lj/cap4.pdf
19. <http://es.wikipedia.org/wiki/Tillandsia>
20. http://es.wikipedia.org/wiki/Distribuci%C3%B3n_t_de_Student
21. http://209.85.165.104/search?q=cache:wcq9jVj0wwEJ:comunicacionsocial.gob.mx/index2.php%3Foption%3Dcom_content%26do_pdf%3D1%26id%3D3893+Se+capacita+a+los+alfareros+de+Zautla+para+prevenir+enfermedades:+SSEP&hl=es&ct=clnk&cd=1&gl=sv
22. <http://www.gobernacion.gob.sv/Observatorio/Iniciativas%20Locales/WEB/Caba%C3%B1as/ilobasco.htm>
23. http://es.wikipedia.org/wiki/Espectroscopia_de_absorci%C3%B3n_at%C3%B3mica
24. <http://es.wikiped>

GLOSARIO

GLOSARIO⁽²⁴⁾

1. **Aleación** Acción y efecto de alear o mezclar metales, fundiéndolos.
2. **Anfótero** Se denominan anfóteros, a aquellas sustancias que a veces actúan como ácidos y otras, como bases.
3. **Biomasa** La cantidad total de organismos en un área determinada. Conjunto de la materia biológicamente renovable (madera, celulosa, lignina, almidón y quitina); por extensión, la energía que proviene de la fermentación o la combustión de la masa orgánica
4. **Biomonitor/Biosensor** Un biosensor es un dispositivo analítico compacto que utiliza las interacciones biológicas para proporcionar resultados cualitativos ó cuantitativos. Consiste en un elemento de detección biológico o biomimético acoplado a un transductor fisico-químico que convierte la señal biológica producida por la interacción entre el elemento de detección y el analito, en electrónica.
5. **Biomonitoreo** Vigilancia continúa de un afluente (o una dilución del mismo) usando organismos vivos, para corroborar la calidad del agua en un cuerpo receptor, sujeto a una descarga residual. A diferencia de los bioensayos, esta prueba se realiza in situ (en el mismo lugar).
6. **Biotopo** Porción de la biosfera donde se dan determinadas condiciones ecológicas que le confieren una cierta unidad e independencia respecto a los demás ambientes que la circundan. Estas condiciones sustentan

7. ciertas especies, animales o vegetales, que forman una comunidad o biocenosis más biotopo constituye un ecosistema.
8. **Cocción** Extracción de los principios activos de la planta mediante el hervido en agua y filtrado antes de usarse.
9. **Contaminante** toda materia o energía en cualquiera de sus estados físicos y formas, que al incorporarse o actuar en la atmósfera, agua, suelo, flora, fauna o cualquier elemento natural, altere o modifique su composición y condición natural.
10. **Contaminación** Cambio perjudicial en las características físicas, químicas o biológicas del ambiente y que puede afectar la vida humana y de otras especies.
11. **Densidad relativa en una sustancia** es el cociente entre su densidad y la de otra sustancia diferente que se toma como referencia o patrón
12. **Emisión** es todo fluido gaseoso, puro o con sustancias en suspensión; así como toda forma de energía radioactiva o electromagnética (sonido), que emanen como residuos o productos de la actividad humana.
13. **Epífita**(del griego *epi* sobre y *phyton* planta) se refiere a cualquier planta que crece sobre otro vegetal usándolo solamente como soporte, pero que no lo parásita. Estas plantas son llamadas en ocasiones "planta aéreas", ya que no hechan raíces sobre el suelo.
14. **Hijuelos** Son las plantas de nueva generación que crecen alrededor de la planta que los origina

15. **Indicador** relación entre dos variables que sirve para medir un resultado
16. **Inmisión** Recepción de contaminantes en el medio ambiente (aire, suelo, agua) procedentes de una fuente emisora. Frecuentemente el término se utiliza como sinónimo de niveles de inmisión, que es la concentración de sustancias contaminantes en un medio determinado.
17. **Líquenes** Plantas que forman una relación simbiótica entre un alga verde o verdeazul y un hongo.
18. **Monocotiledoneas:** Planta cuyas plántulas tienen solamente un cotiledón. La hierba es un ejemplo de este grupo. Aquéllas que presentan flores llamativas tienen las partes de las flores en grupos de tres.
19. **Muestreo** En estadística existe la noción de muestreo en una población. Existen varias técnicas de muestreo, pero las más conocidas son muestreo aleatorio y estratificado.
20. **Nebulizador:** máquina que convierte la forma líquida de la medicina en un rocío que puede respirarse.
21. **Pigmentos:** Generalmente son sustancias minerales no naturales o artificial obtenidas mediante reacciones químicas provocadas a escala industrial. Como materia colorante al aglutinarse con diferentes medios, se utiliza como pintura para el ejercicio artístico

ANEXOS

ANEXO 1



Fig. N°1 Proceso de limpieza y sanitización de muestras



Fig.N°2 deshojado de muestras

Cuadro N° 1. Registro de pesos individuales de muestras con humedad.

MUESTRAS SIN SECAR	PESO (g)
CONTROL #1	18.0
CONTROL #2	19.5
PUNTO #1 MX 1	18.3
PUNTO #1 MX 2	17.0
PUNTO #1 MX 3	13.5
PUNTO #2 MX 1	12.3
PUNTO #2 MX 2	19.4
PUNTO #2 MX 3	9.1
PUNTO #3 MX 1	12.5
PUNTO #3 MX 2	20.7
PUNTO #3 MX 3	10.7
PUNTO #4 MX 1	13.1
PUNTO #4 MX 2	10.3
PUNTO #4 MX 3	10.0

ANEXO 2

Cuadro N° 2. Registro de pesos individuales de muestras deshidratadas.

MUESTRAS SECAS	PESO (g)
CONTROL #1	12.40
CONTROL #2	12.70
PUNTO #1 MX 1	14.00
PUNTO #1 MX 2	15.00
PUNTO #1 MX 3	12.60
PUNTO #2 MX 1	11.20
PUNTO #2 MX 2	17.50
PUNTO #2 MX 3	7.80
PUNTO #3 MX 1	11.30
PUNTO#3 MX 2	18.80
PUNTO #3 MX 3	8.30
PUNTO #4 MX 1	11.80
PUNTO #4 MX 2	8.20
PUNTO #4 MX 3	8.00

ANEXO 3



Fig. N° 3. Tratamiento de las muestras



Fig. N°4. Proceso de digestión de muestras

ANEXO 4

Tabla N°1. Tabla de Distribución t- Student (66)

Tabla t-Student

t_0

Grados de libertad	0.25	0.1	0.05	0.025	0.01	0.005
1	1.0000	3.0777	6.3137	12.7062	31.8210	63.6559
2	0.8165	1.8856	2.9200	4.3027	6.9645	9.9250
3	0.7649	1.6377	2.3534	3.1824	4.5407	5.8408
4	0.7407	1.5332	2.1318	2.7765	3.7469	4.6041
5	0.7267	1.4759	2.0150	2.5706	3.3649	4.0321
6	0.7176	1.4398	1.9432	2.4469	3.1427	3.7074
7	0.7111	1.4149	1.8946	2.3646	2.9979	3.4995
8	0.7064	1.3968	1.8595	2.3060	2.8965	3.3554
9	0.7027	1.3830	1.8331	2.2622	2.8214	3.2498
10	0.6998	1.3722	1.8125	2.2281	2.7638	3.1693
11	0.6974	1.3634	1.7959	2.2010	2.7181	3.1058
12	0.6955	1.3562	1.7823	2.1788	2.6810	3.0545
13	0.6938	1.3502	1.7709	2.1604	2.6503	3.0123
14	0.6924	1.3450	1.7613	2.1448	2.6245	2.9768
15	0.6912	1.3406	1.7531	2.1315	2.6025	2.9467
16	0.6901	1.3368	1.7459	2.1199	2.5835	2.9208
17	0.6892	1.3334	1.7396	2.1098	2.5669	2.8982
18	0.6884	1.3304	1.7341	2.1009	2.5524	2.8784
19	0.6876	1.3277	1.7291	2.0930	2.5395	2.8609
20	0.6870	1.3253	1.7247	2.0860	2.5280	2.8453
21	0.6864	1.3232	1.7207	2.0796	2.5176	2.8314
22	0.6858	1.3212	1.7171	2.0739	2.5083	2.8188
23	0.6853	1.3195	1.7139	2.0687	2.4999	2.8073
24	0.6848	1.3178	1.7109	2.0639	2.4922	2.7970
25	0.6844	1.3163	1.7081	2.0595	2.4851	2.7874
26	0.6840	1.3150	1.7056	2.0555	2.4786	2.7787
27	0.6837	1.3137	1.7033	2.0518	2.4727	2.7707
28	0.6834	1.3125	1.7011	2.0484	2.4671	2.7633
29	0.6830	1.3114	1.6991	2.0452	2.4620	2.7564
30	0.6828	1.3104	1.6973	2.0423	2.4573	2.7500
31	0.6825	1.3095	1.6955	2.0395	2.4528	2.7440
32	0.6822	1.3086	1.6939	2.0369	2.4487	2.7385
33	0.6820	1.3077	1.6924	2.0345	2.4448	2.7333
34	0.6818	1.3070	1.6909	2.0322	2.4411	2.7284
35	0.6816	1.3062	1.6896	2.0301	2.4377	2.7238
36	0.6814	1.3055	1.6883	2.0281	2.4345	2.7195
37	0.6812	1.3049	1.6871	2.0262	2.4314	2.7154
38	0.6810	1.3042	1.6860	2.0244	2.4286	2.7116
39	0.6808	1.3036	1.6849	2.0227	2.4258	2.7079
40	0.6807	1.3031	1.6839	2.0211	2.4233	2.7045
41	0.6805	1.3025	1.6829	2.0195	2.4208	2.7012
42	0.6804	1.3020	1.6820	2.0181	2.4185	2.6981
43	0.6802	1.3016	1.6811	2.0167	2.4163	2.6951
44	0.6801	1.3011	1.6802	2.0154	2.4141	2.6923
45	0.6800	1.3007	1.6794	2.0141	2.4121	2.6896
46	0.6799	1.3002	1.6787	2.0129	2.4102	2.6870
47	0.6797	1.2998	1.6779	2.0117	2.4083	2.6846
48	0.6796	1.2994	1.6772	2.0106	2.4066	2.6822
49	0.6795	1.2991	1.6766	2.0096	2.4049	2.6800

ANEXO 5

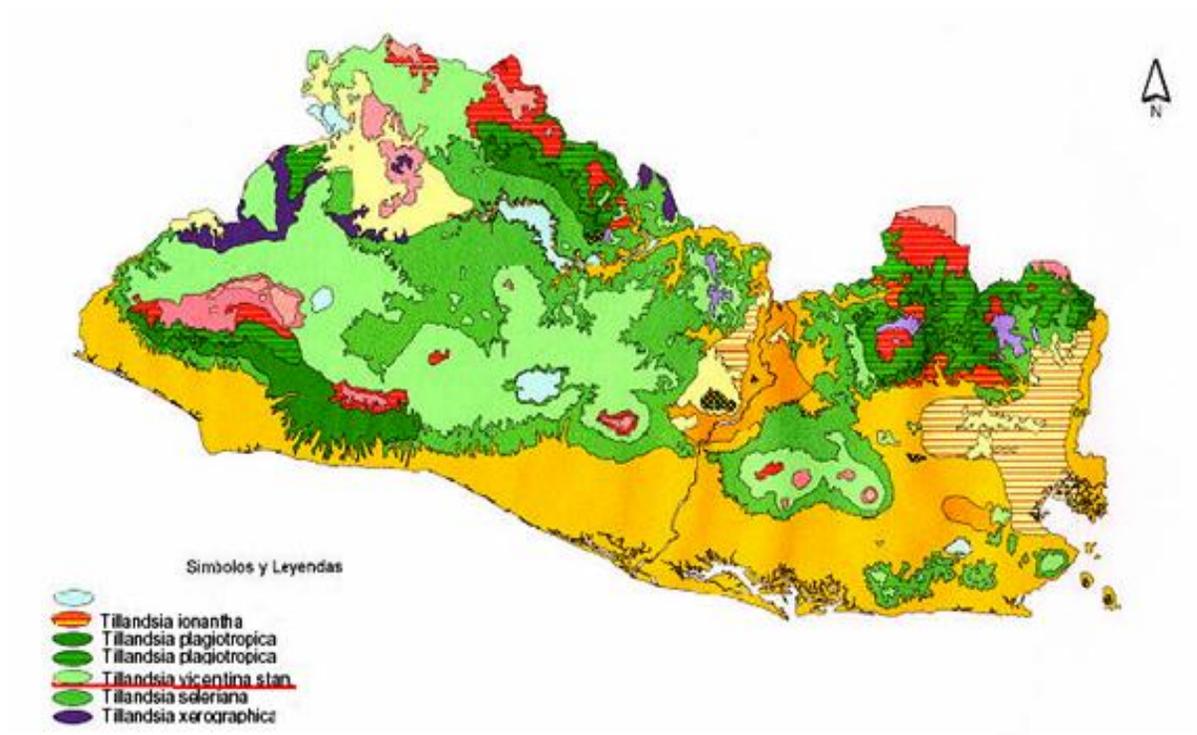


Fig. N°5. Ubicación y distribución de las diferentes especies de *Tillandsias* predominantes en El Salvador (16)

ANEXO 6

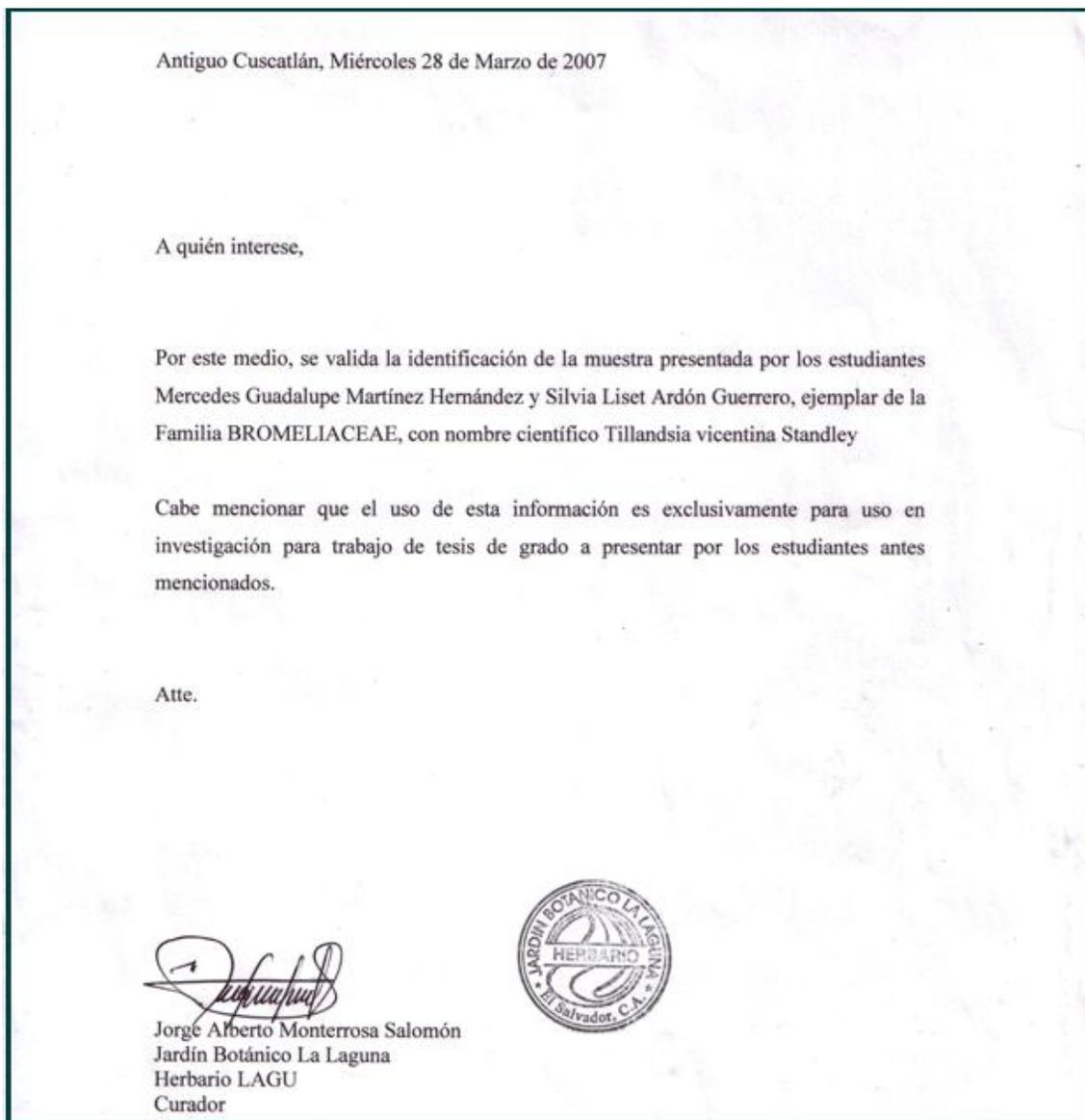


Fig. N°6. Copia autenticada por el Herbario del Jardín Botánico La Laguna de *Tillandsia vicentina standl.*

ANEXO 7



Fig. N°7. Punto de muestreo N°1. Centro Urbano del Municipio de Ilobasco



Fig. N°8. Punto de muestreo N°2. Centro de Talleres artesanales del Municipio de Ilobasco

ANEXO 8

Tabla N°2. Norma Salvadoreña Oficial 13.11.01:01 para la calidad del aire aplicable en todo el territorio nacional.(18)

Tabla 1				
Norma de Calidad de aire ambiente (inmisiones)				
Contaminante	Símbolo	Unidad	Límite de inmisión	Período de medición
Dióxido de azufre	SO ₂	µg/Nm ³	80	Anual
			365	24 horas
Monóxido de carbono	CO	µg/Nm ³	10 000	8 horas
			40 000	1 hora
Oxidos de nitrógeno	NO ₂	µg/Nm ³	100	Anual
			150	24 horas
Ozono	O ₃	µg/Nm ³	235	1 hora
			120	8 horas
			60	Anual
Partículas inhalables	PM ₁₀	µg/Nm ³	50	Anual
			150	24 horas
	PM _{2,5}	µg/Nm ³	15	Anual
			65	24 horas
Partículas Totales Suspendidas	PTS	µg/Nm ³	75	Anual
			260	24 horas
Plomo	Pb	µg/Nm ³	0,5	Anual
			1,5	Trimestral

ANEXO 9



Fig. N° 9. Recolección de muestras en Punto N°1



Fig. N°10. Recolección de muestras en Punto N°2



Fig.N°11. Recolección de muestras en Punto N°3



Fig. N°12. Recolección de muestras en Punto N°4

ANEXO 10

EJEMPLO DE CALCULO #1

CALCULO PARA DETERMINAR LA CANTIDAD DE PLOMO DE $\mu\text{g/mL}$ a $\mu\text{g/g}$

Para la planta control numero 1 se obtuvo una lectura de 0.06 mg /L

Lectura directa (mx sin diluir).

Concentración de la muestra 0.06 mg/L equivalente a 0.06 $\mu\text{g} / \text{ml}$

Volumen Inicial: 25 ml

Peso de la Muestra: 0.6 g.

$$\text{ppm de Plomo} = \frac{\text{Lectura de concentración de la muestra} \times \text{volumen inicial}}{\text{Peso de muestra}}$$

$$\text{ppm de Plomo} = \frac{0.06 \mu\text{g/mL} \times 25.0 \text{ mL}}{0.6 \text{ g}}$$

$$\text{ppm de Plomo} = 2.5 \mu\text{g} / \text{g}$$

ANEXO 11

EJEMPLO DE CALCULO #2

CALCULO PARA DETERMINAR LA CANTIDAD DE PLOMO EN MICROGRAMOS/METROS CUBICOS ($\mu\text{g} / \text{m}^3$)

Para muestra control numero 1

Se obtuvo una concentración de ppm en: 2.5 ppm

$$\mu\text{g}/\text{m}^3 = \frac{\text{ppm} \times \text{peso molecular} \times P}{R \times T}$$

Donde :

P= Presión atmosférica en atm

T = Temperatura en °K

R= 0.08208 $\frac{\text{atm. L}}{\text{mol}^\circ\text{K}}$

En condiciones estandar, P = 1 atm, T= 298°K

Peso Molecular = 207.2 g/mol

Sustituyendo:

$$\mu\text{g} / \text{m}^3 = \frac{2.5 \text{ ppm} \times 207.2 \text{ g/mol} \times 1 \text{ atm.} \times 1 \text{ m}^3 / 1000 \text{ L}}{24.5 \text{ atm. L} / \text{mol}}$$

$$\mu\text{g} / \text{m}^3 = 21142.688 \mu\text{g} / \text{m}$$

ANEXO 12

EJEMPLO DE CALCULO #3

CALCULO PARA DETERMINAR EL VALOR REAL DE LA CANTIDAD
RETENIDA DE PARTÍCULAS DE PLOMO DE LA ATMÓSFERA EN
Tillandsia vicentina standl.

Para la muestra control #1 (Testigo)

Concentración de Plomo Atmosférico = 21142.688 $\mu\text{g} / \text{m}^3$

$$\text{AAF}^* = \text{PAc} (\text{mg g}^{-1} \text{ peso seco}) / \text{CA} (\text{mg m}^{-3})$$

Donde:

PAc = Contribución atmosférica de metales en plantas

CA= Concentración del metal en la atmósfera

AAF* = Valor de acumulación adimensional de 48493.9431 determinado mediante estudios en especies de *Tillandsia* a nivel mundial.

Despejando la fórmula queda así:

$$\text{CA} (\text{mg m}^{-3}) = \text{PAc} (\text{mg g}^{-1} \text{ peso seco}) / \text{AAF}^*$$

$$\text{CA} (\text{mg m}^{-3}) = \frac{21142.688 \mu\text{g} / \text{m}^3}{48493.9431}$$

$$48493.9431$$

$$\text{CA} (\text{mg m}^{-3}) = 0.43598616 \mu\text{g} / \text{m}^3$$

ANEXO 13

EJEMPLO DE CALCULO #4

CALCULO PARA DETERMINAR VALORES PROMEDIO DE NIVELES DE PLOMO ABSORBIDO POR EL BIOSENSOR

Para el Punto control #1 y #2 (testigos) se tiene:

$\frac{PAc}{AAF}$
0.43598616
0.43598616

$$\bar{X} = \frac{0.43598616 + 0.43598616}{2} \approx 0.44$$

ANEXO 14

CALCULO PARA DETERMINACIÓN DE T_c

Fórmula:

$$T_c = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{\frac{n_1 S_1^2 + n_2 S_2^2}{n_1 + n_2 - 2}} \cdot \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}}$$

Para el Punto de muestreo N°1 véase el siguiente ejemplo:

Punto N°1	Testigo
$\bar{X}_1 = 1.49$	$\bar{X}_2 = 0.43$
$n_1 = 2$	$n_2 = 2$
$S_1^2 = 0.05$	$S_2^2 = 0$

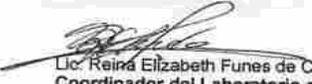
Sustituyendo en Ec. (2) se obtiene:

$$T_c = \frac{1.49 - 0.43}{\sqrt{\frac{2(0.05)^2 + 2(0)^2}{2 + 2 - 2}} \cdot \sqrt{\frac{1}{2} + \frac{1}{2}}}$$

$$T_c = 21.2$$

ANEXO 15

Cuadro N°3. Lecturas de muestras testigo.

	FUNDACIÓN SALVADOREÑA PARA INVESTIGACIONES DEL CAFÉ LABORATORIO DE SERVICIOS ANALITICOS SECCIÓN ESPECIALES	
INFORME No. : 180		
PROPIETARIO: Mercedes Guadalupe Martínez Hernández	FECHAS RECEPCIÓN: 19/09/07 ANÁLISIS: 21/09/07 EMISIÓN: 21/09/07	
DIRECCIÓN: Col. Bosques de La Paz, C 26 pte. #15 polg. 45, Ilopango		
TELÉFONO: 2294-0877		
RESULTADOS DE ANÁLISIS EN MUESTRAS DE LECTURA DE SOLUCIONES		
CÓDIGO DELABORATORIO	IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	LECTURA PLOMO (mg/L)
EC-1398	CONTROL # 1	0.06
EC-1399	CONTROL # 2	0.06
NOTA ACLARATORIA: El resultado del análisis corresponde a la muestra enviada por usted (es) a este Laboratorio. El muestreo es responsabilidad del usuario. El Laboratorio no autoriza la reproducción parcial sin la debida autorización por escrito.		
		
 Lic. Reina Elizabeth Funes de Cruz Coordinador del Laboratorio de Servicios Analíticos		 Lic. Ana Delmy Figueroa Técnico Analista
El Café es Vida Avenida Manuel Gallardo, y 13 Calle Poniente, Santa Tecla, la libertad, El Salvador, C.A. PBX: (503)2286-3088, FAX(503) 2228-0699, E-mail: info@procafe.com.sv, http://www.procafe.com.sv		
1/3		

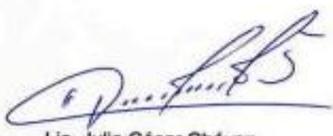
ANEXO 16

Cuadro N°4. Lectura de Muestras en zona de estudio

	FUNDACIÓN SALVADOREÑA PARA INVESTIGACIONES DEL CAFÉ LABORATORIO DE SERVICIOS ANALITICOS SECCIÓN ESPECIALES	
INFORME No. : EC-161	PROPIETARIO: Silvia Liset Ardon Guerrero y Mercedes Guadalupe Martinez	RECEPCIÓN: 19/09/07
DIRECCIÓN: Colonia Bosques de la Paz calle 26 pte. Polg.45 Ilopango		ANÁLISIS: 21/09/07
TELÉFONO: 2294-0877		EMISIÓN: 21/09/07

RESULTADOS DE ANÁLISIS EN MUESTRAS DE LECTURA DE SOLUCIONES

CÓDIGO DEL LABORATORIO	IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	LECTURA PLOMO (mg/L)
EC-1243	PUNTO 1 MX 1	0.20
EC-1244	PUNTO 1 MX 2	0.47
EC-1245	PUNTO 1 MX 3	0.21
EC-1246	PUNTO 2 MX 1	0.26
EC-1247	PUNTO 2 MX 2	0.21
EC-1248	PUNTO 2 MX 3	0.24
EC-1249	PUNTO 3 MX 1	0.19
EC-1250	PUNTO 3 MX 2	0.00
EC-1251	PUNTO 3 MX 3	0.16
EC-1252	PUNTO 4 MX 1	0.50
EC-1253	PUNTO 4 MX 2	0.19
EC-1254	PUNTO 4 MX 3	0.14

 Lic. Reine Elizabeth Funes de Cruz Coordinador del Laboratorio de Servicios Analíticos		 Lic. Julio César Chávez Técnico Analista
--	---	--

El Café es Vida
Avenida Manuel Gallardo, y 13 Calle Poniente, Santa Tecla, la libertad, El Salvador, C.A.
PBX: (503)2266-3088, FAX:(503) 2226-0699, E-mail: info@procafe.com.sv, http://www.procafe.com.sv

2/3