

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE QUIMICA Y FARMACIA



**INVESTIGACION DE LA PRESENCIA DE LITIO POR FOTOMETRIA DE  
LLAMA EN MUESTRAS DE AGUA PROVENIENTES DE LA ZONA  
NOROESTE DE LA ISLA CHACHAGASTE DEL LAGO DE ILOPANGO**

**TRABAJO DE GRADUACION PRESENTADO POR:**

CLAUDIA MELISSA AREVALO PEREZ  
KARLA ELIZABETH CASTAÑEDA PINEDA

**PARA OPTAR AL GRADO DE**

LICENCIATURA EN QUIMICA Y FARMACIA

ABRIL 2012

SAN SALVADOR, EL SALVADOR, CENTRO AMERICA

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**

**RECTOR**

ING. MARIO ROBERTO NIETO LOVO

**SECRETARIA GENERAL**

DRA. ANA LETICIA ZAVALA DE AMAYA

**FACULTAD DE QUIMICA Y FARMACIA**

**DECANA**

LICDA. ANABEL DE LOURDES AYALA DE SORIANO

**SECRETARIO**

LIC. FRANCISCO REMBERTO MIXCO LOPEZ

## **COMITÉ DE TRABAJO DE GRADUACION**

### **COORDINADORA GENERAL**

Licda. María Concepción Odette Rauda Acevedo

### **ASESORA DE AREA DE GESTION AMBIENTAL: CALIDAD AMBIENTAL,**

MSc. Cecilia Haydee Gallardo de Velásquez

### **ASESORA DE AREA DE ANALISIS DE ALIMENTOS: FISICOQUIMICO**

Ing. Rina Lavinia Hidalgo de Medrano (Q.E.P.D.)

### **DOCENTE DIRECTORA**

Licda. María Concepción Odette Rauda Acevedo

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradecemos a Dios y a la Virgen Santísima, por darnos la bendición de culminar satisfactoriamente la carrera de Química y Farmacia, y a pesar de las dificultades, limitaciones, y sacrificios realizados en nuestras vidas, ellos nos ayudaron en los momentos más difíciles, poniendo oportunamente personas que nos dieron las palabras correctas que cambiaron el estado de ánimo para pensar con optimismo y seguir luchando por nuestra meta.

Agradecemos a nuestra Docente Directora de Trabajo de Graduación Licda. María Concepción Odette Rauda Acevedo por ayudarnos y orientarnos en el transcurso de nuestra investigación. También a nuestra asesora: Ing. Rina Lavinia Hidalgo de Medrano (Q.E.P.D.), por sus observaciones para la mejora de este trabajo de graduación, y compartir sus conocimientos con los estudiantes de la Licenciatura de Química y Farmacia.

## **DEDICATORIA**

Este trabajo está dedicado en primer lugar a Dios por demostrarme que siempre está a mi lado. A mi padre por apoyarme y a mi madre por darme animo siempre y motivarme a seguir adelante.

A mi tía Ana Gloria y mi tío John por todo su apoyo en momentos difíciles en que pensé que no podría conseguir este triunfo, mas sin embargo gracias a ustedes es que es posible hoy cumplir una de las metas más importantes de mi vida. También a mi tía Maribel y Marlene por sus palabras de aliento su apoyo incondicional y compartir conmigo esta alegría y triunfo académico, y personal.

A mis amigas Karla y Gabriela por haber compartido nuestras metas, alegrías y tristezas.

A mis hermanas Natalia y Fátima, a quienes quiero mucho. Y a mis abuelitos Ana y Nico quienes sé que estarán orgullosos por este logro.

También a B. Arévalo a quien extraño y recuerdo y a M. Arévalo por desvelarse conmigo estudiando.

A todos ustedes les dedico con mucho cariño mi esfuerzo y la alegría de obtener al fin mi título.

**Claudia Melissa Arévalo Pérez**

## **DEDICATORIA**

Este trabajo se lo dedico a Dios, por brindarme la oportunidad de culminar una carrera universitaria y de poner en mi vida personas que de una u otra manera hicieron posible que esta bendición tan grande pasara en mi vida, siempre por muy difíciles que fueran las pruebas y adversidades quise culminar mi carrera, y le ofrezco a Dios mis conocimientos que durante años he logrado coleccionar tanto académicamente como personalmente, y le pido que si me permite contribuir a la sociedad no dudare en hacerlo, pues el conocimiento se trasmite ya que es el medicamento para curar la ignorancia.

Agradezco el apoyo de mis padres y la oportunidad de haberme brindado con sacrificios una carrera universitaria con la esperanza de tener una mejor vida y un mejor futuro, del que ellos pudieron tener. Agradezco a mi abuelito porque nunca juzgo mis acciones y en su silencio siempre me apoyo y a mi abuelita que nunca conocí pero le enseñó a mi madre y mis tíos a tener fe, superarse, ayudar sin esperar nada a cambio y gracias a ello mi madre inculco esos valores en mi.

Agradezco a mi hermano Miguel y a mis amigas Melissa, Gabriela y Claudia que siempre estuvieron ahí dándome palabras de aliento y fuerza cuando más lo necesite, para darme ese abrazo cuando las cosas se ponían feas, por compartir mis alegrías y tristezas, y porque me hacían olvidarme de mis penas y pensar en mi futuro si lograba mi meta, que dios derrame bendiciones sobre ustedes.

Agradezco a los profesores, compañeros y colegas por llenar mi mente de sus conocimientos y experiencias.

**Karla Elizabeth Castañeda Pineda**

## INDICE

	Página
RESUMEN	
CAPITULO I	
1.0 Introducción	xiii
CAPITULO II	
2.0 Objetivos	16
2.1 Objetivo General	16
2.2 Objetivos Específicos	16
CAPITULO III	
3.0 Marco Teórico	18
3.1 Litio	18
3.1.1 Propiedades Físicas	19
3.1.2 Propiedades Químicas	20
3.1.3 Acciones: Sistema Nervioso Central	21
3.1.4 Rapidez de Absorción y Excreción	22
3.1.5 Efectos Adversos	22
3.2 Aplicaciones del Litio en la Tecnología	23
3.3 Pilas y Baterías Domesticas	25
3.4 Riesgos para el Medio Ambiente	27
3.5 Lago de Ilopango	29
3.6 Fotometría de Llama	30
CAPITULO IV	
4.0 Diseño Metodológico	34
4.1 Tipo de Estudio	34
4.2 Investigación Bibliográfica	34
4.3 Investigación de Campo	34
4.4 Parte Experimental	35

4.5 Análisis	36
CAPITULO V	
5.0 Resultados y Discusión de Resultados	40
5.1 Efectos Tóxicos del Litio en el Medio Ambiente y en los Seres Humanos.	40
5.1.1 Efectos Tóxicos del Litio en el Medio Ambiente	40
5.1.2 Efectos Tóxicos del Litio en los Seres Humanos	41
5.2 Selección de los Puntos de Muestreo	42
5.3 Análisis de Muestras	43
5.3.1 Resultados Época Seca	43
5.3.2 Resultados Época Lluviosa	47
5.3.3 Comparación de los Resultados del Análisis Época Seca y Época Lluviosa	51
5.4 Comparación de Resultados con la Normativa de Ley de Aguas del Distrito Federal de México	53
5.5 Alternativas de Tratamiento de Pilas y Baterías Elaboradas a Base de Litio	54
CAPITULO VI	
6.0 Conclusiones	61
CAPITULO VII	
7.0 Recomendaciones	64
Bibliografía	67
Anexos	71

## ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. N°.		Pagina
1	Toma de Muestras Zona Noroeste Isla Chachagaste	42
2	Curva de Calibración Concentración vrs Emisión Época Seca	43
3	Interpolación de las muestras época seca	45
4	Ecuación lineal época seca	46
5	Curva de Calibración de litio Época Lluviosa	47
6	Curva de Regresión de Li época lluviosa	48
7	Comparacion de Resultados Época Seca y Lluviosa	51
8	Comparación de Resultados Época Seca y Lluviosa con la Normativa Mexicana	53
9	Botella de Plástico Recomendada para toma de muestras de Agua de Lagos	72
10	Instrumento utilizado para la toma de muestra	72
11	Etiqueta de identificación de muestras	73
12	Fotómetro de llama digital PFP7	73
13	Representación Geográfica del Lago de Ilopango	74
14	Mapa Topográfico del Lago de Ilopango	75
15	Mapa Topográfico de la Isla Chachagaste	76
16	Encapsulado de pilas y baterías	77
17	Cementación de pilas y baterías	77
18	Ecobancos	78
19	Envases de seguridad para descartar las pilas y baterías de Ecovolta	78

## INDICE DE CUADROS

CUADRO N°		Pagina
1	Toma de muestras	42
2	Lecturas de Emisión de los Estándares de Litio Época Seca	43
3	Lectura de Emisión de las Muestras Época Seca	44
4	Lectura de Emisión de los Estándares de Litio Época Lluviosa	47
5	Lectura de Emisión de las Muestras Época Lluviosa	49
6	Comparación de Resultados Época Seca y Lluviosa	51
7	Comparación de Resultados con la Normativa Mexicana	53
8	Empresas Recicladoras, Miembros de EBRA, localizadas en el Extranjero	59

## RESUMEN

La presente investigación se basó en la determinación de la presencia de Litio por Fotometría de Llama en muestras de agua provenientes de la zona noroeste de la Isla Chachagaste del Lago de Ilopango en época seca y lluviosa realizando la toma de muestras en marzo y septiembre del año 2011. Se seleccionaron 5 puntos de muestreo a 15, 20, 25, 50, y 100 m desde la isla hacia la rivera del lago donde se encuentra ubicado el caserillo Apancino, lugar donde se observó un foco de contaminación de residuos sólidos urbanos entre ellos las baterías a base de Litio. Investigaciones científicas realizadas han demostrado el impacto ambiental que ocasionan las pilas y baterías de todo tipo al ser desechadas con el resto de los residuos sólidos, esto ha llevado a otros países a crear normativas para la recolección y tratamiento de pilas y baterías en desuso. Al analizar las muestras el resultado obtenido para época seca fue de 0.71 ppm de Litio y para época lluviosa fue 0.00 ppm de Litio. Dichos resultados indican que la concentración de Litio encontrada en el Lago de Ilopango no es perjudicial para la salud ni el medio ambiente ya que al compararla con la Normativa de Ley de Aguas del Distrito Federal de México se encuentra por debajo de los 2.5 ppm de Litio el cual es el límite máximo permisible para aguas de consumo humano y uso doméstico. Una de las alternativas propuestas es el encapsulado de baterías hasta que se implemente un método de reciclaje de alta tecnología. Se recomienda que los proveedores creen lugares de recolección de pilas y baterías en desuso. Y que las entidades competentes monitoreen constantemente las aguas recreativas del país para poder establecer si hay contaminación por Litio y complementar estos estudios con análisis Químicos y Microbiológicos de otros elementos contaminantes.

**CAPITULO I**  
**INTRODUCCION**

## 1.0 INTRODUCCION

El estado natural del agua puede ser alterado por los procesos naturales y también puede ser alterada artificialmente, por la contaminación originada por los humanos, y sus deficientes procesos de recogida o almacenaje de desechos como las baterías y pilas que contienen Litio elemento que está presente en celulares, baterías caseras, radios, computadoras, etc.

En los últimos 43 años, se han liberado al ambiente aproximadamente 635 mil toneladas de pilas, cuyos contenidos incluyen elementos que pueden representar un riesgo debido a los grandes volúmenes emitidos, como es el caso de 145,918 toneladas de dióxido de manganeso, 1,232 toneladas de mercurio, 22,063 toneladas de níquel, 20,169 toneladas de cadmio y 77 toneladas de compuesto de Litio. En un periodo comprendido entre 1960 y 2003 solo en la ciudad de México.<sup>(6)</sup>

Informes e investigaciones realizados por organismos e instituciones como la Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados (ANDA), la Organización Mundial de la Salud (OMS), la Universidad Centro Americana “José Simeón Cañas” (UCA) y la Universidad de El Salvador entre otras, sacan a relucir el poco tratamiento a aguas negras, recalcando que los principales problemas de contaminación de las aguas de El Salvador, es la evacuación de los vertidos industriales y municipales como las principales causas. También que muchas poblaciones asentadas en cuencas ríos y lagos consumen agua no potable considerando el agua según la clasificación inglesa como agua de pésima calidad ya que en ella se ha encontrado plomo y cadmio concluyendo en los análisis que la contaminación se debía a las aportaciones provenientes de los alcantarillados de los distintos centros urbanos, así como también de los lixiviados de los desechos sólidos, que poseen fuertes cargas de contaminantes orgánicos, inorgánicos y microbiológicos.<sup>(7)</sup>

La presente investigación se realizó en época seca y lluviosa en el año 2011 tomando muestras de agua por duplicado en cinco puntos, de la zona noroeste de la Isla Chachagaste del Lago de Ilopango que posteriormente se analizaron en el Laboratorio Fisicoquímico de Aguas de la Facultad de Química y Farmacia de la Universidad de El Salvador por el método Fotometría de Llama (método sensible y rápido de análisis para los metales alcalinos en agua <sup>(18)</sup>).

La investigación determinó la presencia de Litio en el Lago de Ilopango, para época seca con una concentración de 0.71 ppm de Litio y para época lluviosa no se encontró presencia de Litio. Este resultado se encuentra por debajo del límite máximo permisible para aguas de consumo humano y uso doméstico el cual es de 2.5 mg/L de Litio, para aguas de uso agrícola el Litio no excederá los 2.5 mg/L, y para aguas de uso pecuario no excede los 5.0 mg/L. Según la Ley de Aguas del Distrito Federal de México. <sup>(21)</sup>

**CAPITULO II**  
**OBJETIVOS**

## **2.0 OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVO GENERAL**

Investigar la presencia del Litio por Fotometría de Llama en muestras de agua proveniente de la zona noroeste de la Isla Chachagaste del Lago de Ilopango.

### **2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- 2.2.1 Recopilar bibliográficamente los efectos tóxicos que produce el litio en el medio ambiente y en los seres humanos.
- 2.2.2 Seleccionar los puntos de muestreo en la zona noroeste de la Isla Chachagaste del Lago de Ilopango
- 2.2.3 Realizar análisis de muestras en época seca y lluviosa por el método fotometría de llama descrito por la APHA (Métodos normalizados para el análisis de aguas potables y residuales). <sup>(14)</sup>
- 2.2.4 Comparar resultados con la normativa de Ley de Aguas del Distrito Federal, México. <sup>(21)</sup>
- 2.2.5 Proponer alternativas de tratamiento de pilas elaboradas a base de Litio.

**CAPITULO III**  
**MARCO TEORICO**

### 3.0 MARCO TEORICO

La protección y preservación del medio ambiente se vuelve la causa más importante de estos tiempos, pues el planeta ha sufrido en las últimas décadas demasiado daño a causa del hombre, y cada año se ven manifestaciones serias de los estragos causados, incidiendo en catástrofes naturales alrededor del mundo.

El litio se encuentra en estado natural en los lagos, ríos e incluso en el mar, pero un alto nivel de este elemento en agua puede producir daños tanto en nuestro ecosistema en general y ser perjudicial para la salud. En el ser humano se pueden detectar infinitésimas cantidades de litio (concentraciones séricas del orden de 10 a 40 mcg/L)<sup>(12)</sup> que, probablemente, se ingieren con los alimentos, y si nuestras aguas se encuentran contaminadas indica que nuestros cultivos están contaminados, y al ingerirlos, la población corre un riesgo elevado de intoxicaciones.

#### 3.1 LITIO <sup>(23)</sup>

Fue descubierto en 1817 por Johann Arfvedon, quien encontró este elemento en una mina de petalita en Suecia. En 1818 C.G. Gmelin fue el primero en observar que las sales de litio tornan la llama de un color rojo brillante. Este mismo año W.T. Brande y SirHumphrey Davy, intentaron, sin éxito, aislar el elemento de sus sales, lo que finalmente consiguieron mediante electrólisis del óxido de litio.

En 1923 la empresa alemana Metallgesellschaft AG comenzó a producir litio mediante la electrólisis del cloruro de litio y cloruro de potasio fundidos. En el 2010, las baterías de litio se han convertido en el arma principal para reemplazar a los contaminantes combustibles fósiles. El Salar de Uyuni, en Bolivia, concentra la mitad de la reserva mundial de ese mineral. El crecimiento

acelerado en el uso del ion-litio ha provocado que una tonelada de litio suba su precio, desde los 350 dólares que costaba en 2003 hasta los 3.000 dólares en 2009.

### 3.1.1 PROPIEDADES FÍSICAS <sup>(23)</sup>

El nombre Litio deriva del griego: “Lithos” que significa «piedrecita», el nombre del elemento proviene del hecho de haber sido descubierto en un mineral, mientras que el resto de los metales alcalinos fueron descubiertos en tejidos de plantas. El litio es un elemento químico de símbolo Li y número atómico 3. En la tabla periódica, se encuentra en el grupo 1, entre los elementos alcalinos. En su forma pura, es un metal blando, de color blanco plata, que se oxida rápidamente en aire o agua. Es el elemento sólido y el metal más ligero. Su densidad es la mitad de la del agua. Al igual que los demás metales alcalinos es univalente y muy reactivo, aunque menos que el sodio, por lo que no se encuentra libre en la naturaleza. Acercado a una llama la torna carmesí pero, si la combustión es violenta, la llama adquiere un color blanco brillante.

#### Propiedades Físicas del Litio:

Masa atómica	7.0160040 u
Radio atómico (calc)	167 pm (radio Bohr)
Radio covalente	134
Radio de Van der Waals	183 pm
Electrones por nivel de energía	2
Estado de oxidación	1 (base fuerte)
Estructura cristalina	Cubica centrada en el cuerpo
Serie Química	Alcalinos
Densidad	0.531g/cm <sup>3</sup>
Entalpia de vaporización	145,92 Kj

Posee el mayor punto de fusión (186°C) y ebullición (1336°C) del grupo de metales alcalinos; posee además, el calor específico más alto de este grupo

(0,784 cal/g°C a 0°C). En estado natural existen dos isótopos estables:  ${}^7\text{Li}$  en proporción de 92,4 % en peso y  ${}^6\text{Li}$  con 7,6 %. Es interesante la comparación de los tres metales más importantes del grupo I, como son: Li, Na y K en sus propiedades más características porque pueden deducirse posibles usos industriales, métodos de obtención del metal o de sus compuestos, etc..., por sus semejanzas en sus propiedades físicas y químicas.

### 3.1.2 PROPIEDADES QUIMICAS (23)

El litio, así como el resto de los metales del grupo I es fuertemente electropositivo lo que le confiere gran poder de reactividad frente a los agentes químicos. El poder polarizante del  $\text{Li}^+$  es mayor que todos los iones alcalinos, lo que se manifiesta en una gran tendencia a solvatare y a formar uniones covalentes.

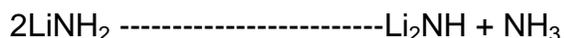
El Li reacciona lentamente con el  $\text{H}_2\text{O}$  a 25 °C, el sodio lo hace en forma violenta, el potasio se inflama, mientras que el rubidio y el cesio lo hacen en forma explosiva. El Li es particularmente reactivo con el  $\text{N}_2$ , formando  $\text{Li}_3\text{N}$ , ésta reacción es lenta a 25 °C y se hace más rápida con el aumento de temperatura (el Mg tiene el mismo comportamiento con el  $\text{N}_2$  formando el  $\text{Mg}_3\text{N}_2$ ). Ambos metales, Li y Mg, se pueden usar para separar N de otros gases.

Con el Oxígeno o el aire seco, reacciona en caliente, formando solamente el  $\text{Li}_2\text{O}$  (a veces trazas de  $\text{Li}_2\text{O}_2$ ); en cambio con los otros metales alcalinos la oxidación puede continuar formando los peróxidos ( $\text{M}_2\text{O}_2$ ) y en el caso del K, Rb y Cs se obtienen los súper-óxidos correspondientes ( $\text{MO}_2$ ). Con el H a la temperatura ambiente, el Li, igual que el resto de los metales alcalinos, no reacciona.

El Li reacciona con el  $\text{H}_2$  a 600 - 700 °C formando el hidruro de litio ( $\text{LiH}$ ); mientras que los otros metales alcalinos lo hacen a 350 - 400 °C. El  $\text{LiH}$ , es el

más estable de los hidruros alcalinos; se funde antes de descomponerse y no es atacado por el oxígeno a temperaturas por debajo del rojo.

Por acción del  $\text{NH}_3$  gaseoso a temperaturas inferiores a  $70\text{ }^\circ\text{C}$ , se forma una disolución azul intensa. Calentando el Li en corriente de  $\text{NH}_3$  a  $400\text{ }^\circ\text{C}$  se produce la amida:  $\text{LiNH}_2$ . Por calentamiento de la amida se forma:



El Li, es el único metal alcalino que forma la imida  $\text{Li}_2\text{NH}$ .

### 3.1.3 Acciones: Sistema Nervioso Central. <sup>(3)</sup>

No se conoce a fondo el mecanismo de acción de este elemento. Investigaciones realizadas suponen que el Litio produce muy diversos cambios químicos en el sistema nervioso central, que tal vez guardan relación con su interacción en la distribución de iones sodio y potasio, a través de la membrana celular. El litio puede sustituir a los iones de sodio en líquido extracelular; también sustituye a dicho mineral en el paso del sodio al interior del nervio, en lo que toca al potencial de acción. Sin embargo, el litio a diferencia del sodio, no es expulsado por “bombeo” de los axones nerviosos en intercambio por potasio. De este modo, los iones de dicho mineral tienden a acumularse dentro de las neuronas, a expensas de los iones potasio, y hay una disminución neta del potasio intracelular. En casos de toxicidad grave por litio se pierde tanto potasio, que el potencial de membrana en reposo disminuye, y al final es imposible generar potenciales de acción. El posible cambio en las proporciones entre los iones de sodio y potasio, puede modificar muchos procesos que dependen de la relación sodio/potasio en la membrana celular, como la captación de glucosa y aminoácidos y la recaptación de transmisores como la noradrenalina, la dopamina y la serotonina. Es probable que los iones de litio modifiquen en forma sutil aunque no precisada, muchos otros procesos.

### **3.1.4 RAPIDEZ DE ABSORCIÓN Y EXCRECIÓN** <sup>(3)</sup>

Se absorbe fácilmente en el tubo gastrointestinal, y en cuestión de una a tres horas se alcanzan los niveles máximos en plasma. Tal mineral se excreta por los riñones, y tiene una vida media de unas 24 horas, en presencia de una concentración normal de sodio. Por arriba de 2meq/L en plasma, pueden surgir efectos tóxicos graves.

### **3.1.5 EFECTOS ADVERSOS** <sup>(12)</sup>

- Somnolencia
- Cansancio
- Debilidad Muscular
- Temblores
- Nauseas,
- Vómitos
- Diuresis
- Diarrea
- Sed Intensa.

En casos graves de intoxicación, pueden aparecer: <sup>(3)</sup>

- Insuficiencia Renal
- Arritmias Cardiacas
- Coma
- Convulsiones.
- Muerte

### **3.2 APLICACIONES DEL LITIO EN LA TECNOLOGIA** <sup>(2)</sup>

Una de las cualidades que se le otorgan al litio y probablemente la que más éxito esté teniendo es la capacidad de conductibilidad que tiene debiéndose a ser un metal del grupo 1. Esto le adquiere una capacidad de potencial electroquímico que permite ser un gran ánodo para las baterías de todo tipo, ya sean de pilas AA, baterías de coches...etc.

#### **-TELEFONOS MOVILES** <sup>(2)</sup>

Existen dos tipos básicos de baterías recargables para teléfonos móviles que aplican las soluciones del litio en diferentes combinaciones de materiales. Algo que incide sobre el diseño mismo de la batería y sus aplicaciones últimas según sus capacidades para almacenar durante más tiempo, de forma más eficiente y segura la energía que hará funcionar al teléfono móvil. Los dos tipos de baterías de litio son las de polímero y las de ión litio.

El polímero de litio, conocido en abreviatura como Li-poli, es la tecnología más reciente y la más avanzada desde el punto de vista técnico ahora mismo, en su aplicación al mantenimiento de las cargas de los teléfonos móviles actualmente y probablemente en el futuro a corto y a mediano plazo.

Las baterías de ión litio son algo más ligeras en cuanto a peso que las baterías de NiMH, Y también tienen una vida útil más larga. Duran alrededor de cincuenta veces más que las de hidruro de níquel, por ejemplo.

#### **- APLICACIONES INDUSTRIALES DEL LITIO** <sup>(2)</sup>

La aplicación industrial de litio comenzó hace menos de cien años, en 1923, cuando empezó a ser utilizado como una aleación muy novedosa, casi revolucionaria, en los cojinetes de las locomotoras de vapor que se fabricaban en Alemania. Durante la Segunda Guerra Mundial, el litio se utilizó en la producción de hidruro de litio y, algún tiempo después, se introdujo como componente en las ojivas nucleares de los Aliados que apuntaban hacia la

Unión Soviética. Por esos años, se descubrió otra aplicación muy útil para la industria de la automoción.

La exigencia de mantener la rentabilidad de las baterías está comenzando a introducir las baterías de litio como acumulador de serie único en la producción de los vehículos. El más audaz de los constructores y el que demostró mayor visión del futuro en la introducción de las baterías de litio en automoción fue Volvo, con su Concept Car 3CC. El vehículo fue el primero de serie en construirse en el mundo en 2004, hoy casi un clásico, con baterías de iones de litio. Se trata de una batería del tamaño de una pila "AA", que proporciona el equivalente de 105 caballos de fuerza, con una tasa de emisiones de gases a la atmósfera de cero absoluto.

No obstante, el problema con las baterías de litio es que el uso de cobalto en su concepción produce un efecto llamado escape térmico que acrecienta los riesgos de incendio o de explosión de las baterías. Algunas compañías dedicadas a la investigación en torno a los desarrollos del ión litio parece que han encontrado soluciones eficaces para este problema mediante la sustitución de cobalto por otros elementos, como los fosfatos. El rendimiento de esta solución tecnológica es menor, pero se garantiza un trabajo operativo de la batería más seguro y duradero.

Desde el comienzo de la década de 1990, la industria de las baterías ha pasado de contadas aplicaciones numerables a representar el 25% del consumo mundial del litio. Se estima que el uso del litio crecerá con mucha fuerza en las próximas décadas, sobre todo como consecuencia de la fabricación a gran escala de baterías recargables de ión-litio.

En la actualidad, la totalidad de los teléfonos móviles que se fabrican y el 90% de todas las computadoras personales portátiles operan con baterías de alto

rendimiento de ión litio. Las baterías de litio-ión se utilizan cada vez más en los equipos electrónicos móviles, como los reproductores multimedia, las cámaras fotográficas o los navegadores, y otros dispositivos portátiles, desde el iPod al BlackBerry. Ahora, los esfuerzos a gran escala se centran en el uso de la misma tecnología para el desarrollo de baterías para automóviles.

En 2008, el consumo de litio de la industria mundial se repartió de la siguiente manera: Las industrias de las baterías y de los acumuladores de energía basados en el litio consumieron el 24% de la producción de los yacimientos del mundo, la de lubricantes, el 15%; la fábricas de vidrio aprovecharon el 14%; le siguió el sector de la cerámica con un 11%; la industria de la aparatología médica y la farmacéutica con un 7%; cerraron el cuadro de consumidores de litio el sector del aire acondicionado con un 6% y el de la elaboración de aluminio. El restante 19% se repartió entre diferentes instancias de la economía productiva mundial.

### **3.3 PILAS Y BATERIAS DOMESTICAS** <sup>(22)</sup>

Todas las pilas operan de acuerdo al mismo principio de desarrollar energía química a partir de una reacción de oxidación-reducción y transformarla directamente en energía eléctrica. Las reacciones implican transferencia de electrones del elemento que se oxida al elemento que se reduce.

Una pila se diseña de tal forma que la oxidación y la reducción transcurran en "compartimentos" independientes llamados electrodos. El medio que posibilita el transporte interno de carga eléctrica entre ambos es una sustancia conductora llamada electrolito. Los electrodos se denominan:

Ánodo: Metal o aleación metálica que se oxida en el electrolito

Cátodo: Óxido metálico donde se produce la reducción.

Una pila primaria está basada en una reacción química irreversible y por lo tanto no es recargable. La pila secundaria es recargable: sus componentes activos se pueden regenerar pasando una corriente eléctrica en sentido contrario al de descarga.

Se denomina batería a una unidad productora de energía eléctrica constituida por varias pilas, mientras que el acumulador es una pila o batería secundaria. Existe una gran variedad de pilas en el mercado, que varían en la naturaleza de sus componentes activos, en su geometría y tamaño. Cada sistema tiene su propia combinación de materiales que determinan la capacidad, voltaje de salida y vida útil.

En cuanto al diseño, la más conocida es la forma cilíndrica, que se comercializa en varios tamaños (ej: AAA, AA, A). Las denominadas pilas botón, cilíndricas pero de forma achatada y tamaño más reducido, son usadas en audífonos, marcapasos, relojes, calculadoras y aparatos médicos de precisión. La configuración prismática es un modelo universal para baterías de mayor voltaje (9 volts), mientras que algunos equipos electrónicos utilizan diseños especiales, como es el caso de algunas pilas de litio.

### **PILAS DE LITIO** (22)

**COMPONENTES:** Varios elementos son usados como cátodo (Mg, Fe, C, etc.), Litio (ánodo)

**USOS:** relojes, calculadoras, flashes de cámaras fotográficas, memorias de computadoras, aplicaciones militares e industriales. Comercializadas en tipo botón, cilíndricas o geométricas especiales. De varios tipos (Li-Mg, Li-C, Li-Fe, etc). Producen tres veces más energía que las alcalinas, considerando tamaños equivalentes, y poseen mayor voltaje inicial (3 voltios).

### 3.4 RIESGOS PARA EL MEDIO AMBIENTE <sup>(22)</sup>

Una pila tarda en degradarse 1,000 años. Tienen una vida útil de 2 a 3 años o más si se almacenan con un 40% de su carga máxima (En realidad, cualquier batería, independientemente de su tecnología, si se almacena sin carga se deteriora).

Durante la vida útil de una pila, los riesgos de liberación de sus componentes están convenientemente limitados por sistemas de blindaje exterior. Algunos peligros que se identifican durante el uso de las pilas son la rotura accidental del blindaje, con el correspondiente derrame de los componentes o la ingesta accidental de pilas pequeñas por niños.

Cuando las pilas son sometidas a condiciones ambientales más extremas que las que experimentan en el interior de un equipo, el blindaje está expuesto a procesos de corrosión que terminan destruyéndolo, liberando sus componentes.

Las pilas que no entran a un circuito especial de recolección y tratamiento siguen la misma ruta que otros residuos domésticos: son recolectados y enviados a un vertedero local (u otro sistema de disposición final, como los incineradores municipales) o ingresan a circuitos informales de recolección y clasificación de residuos, que finalmente terminan en quemas a cielo abierto, enterramiento o vertidos en cursos de agua.

En un vertedero, la descomposición de residuos domésticos genera lixiviados que promueven la corrosión de las pilas y permiten la liberación de sus componentes. Estos pueden continuar su ruta con los lixiviados (hacia agua subterránea y superficial en caso de vertederos sin control de lixiviados) o liberarse a la atmósfera como compuestos volátiles o como polvo fugitivo (en caso de vertederos con nula o deficiente cobertura de residuos y tratamiento de gases). Aún en el caso de rellenos sanitarios que disponen de tecnología para

el tratamiento de lixiviados y gases, los metales aportados por las pilas no son eficientemente retenidos o entorpecen los tratamientos biológicos.

En el caso del circuito informal, es posible que esta liberación al ambiente ocurra más directamente, acortando los tiempos en que los metales llegan al suelo, a cursos de agua y acuíferos.

Las baterías de litio no deben incinerarse ni desecharse en la recolección de basura general. Las baterías pueden explotar o romperse violentamente. El material que contienen las baterías de litio puede considerarse como tóxico, reactivo o corrosivo. <sup>(19)</sup>

Todo manejo inadecuado de pilas y baterías una vez finalizada su vida útil resulta especialmente peligroso para la salud y el ambiente en general, teniendo en cuenta su contenido de elementos como cadmio, mercurio, plomo, manganeso, níquel, zinc y litio, entre otros.

Si bien las pilas representan un porcentaje bajo del volumen total de residuos sólidos urbanos (RSU), son junto a los residuos de los aparatos eléctricos y electrónicos, una de las corrientes con mayor aporte de metales. Por ejemplo, el agua para consumo humano no debe tener más de 0,001 miligramos de mercurio por litro. Si consideramos como referencia el contenido medio de mercurio, una pila convencional de carbono-zinc puede contaminar 3 mil litros de agua y una alcalina 167 mil litros.

### **3.5 LAGO DE ILOPANGO** <sup>(4)</sup>

Situado en una caldera volcánica se trata del lago natural más grande de El Salvador. De su masa de agua emergen las islas El Portillo, Cerro Los Patos, El Cerro, Chachagaste, Cerro Cutenama, y Los Cerritos (Ver Anexo 2, FIGURA No.13). El lago drena sus aguas al río Jiboa. La vegetación de la cuenca es de bosque subcaducifolio de carácter secundario. Existe vegetación acuática y una buena representación de algas. Actualmente la cobertura vegetal en sus riberas se encuentra severamente alterada debido a la gran actividad humana que ejerce presión sobre el recurso pétreo, como también una intensa actividad agrícola, cuyos insumos (fertilizantes, herbicidas y pesticidas) son arrastrados por las corrientes de aguas lluvias alterando la población de algas en el cuerpo de agua. Otro elemento que ha dañado la cobertura vegetal es el desarrollo de complejos turísticos y habitacionales en las riberas de dicho lago.

Pertenece a los Departamentos de San Salvador, Cuscatlán y La paz. Los Municipios que colindan con el son: Ilopango, San Martín, San Pedro Perulapan, Cojutepeque, Candelaria, San Emigdio, San Miguel Tepezontes, San Francisco Chinameca, Santiago Texacuangos (Ver Anexo 2 y 3). Las coordenadas geográficas centrales son: 495,062 m E 282,974 m N. Su superficie del lago de Ilopango: 7061,387 ha. Posee una altitud de 450 m.s.n.m.<sup>(15)</sup>

En 1995 se registró un pH entre 7 y 8, propio de aguas alcalinas, la conductividad fue muy alta y el agua era poco salina. La concentración de sulfatos fue baja y el boro se encontró en concentraciones de 6.88 ppm. La profundidad máxima llega a los 250 metros.

Entre los Bienes y servicios que presta el lago de Ilopango podemos mencionar la Recarga de acuíferos y almacenamiento de agua, control de inundaciones, producción pesquera, belleza escénica, turismo y recreación.

Los usos actuales más importantes que se llevan a cabo en la zona son el pesquero (existen varias zonas donde se práctica la acuicultura), y el turístico recreativo. Otras actividades que se realizan en la zona son los cultivos forestales y el agrícola extensivo pero que son de muy baja intensidad. También existen varias canteras de piedras en las paredes de la caldera volcánica.

Las amenazas principales que se ciernen sobre el humedal son el crecimiento de nuevos asentamientos humanos sobre zonas de recarga acuífera, que llevan asociados problemas de fragmentación de hábitat y aumento de la contaminación por desechos sólidos y líquidos. Existe igualmente un problema de tala y extracción de madera, que favorece la deforestación en la cuenca de captación con consiguiente aumento de la erosión y aumento de los fenómenos de colmatación y turbidez de la laguna. También se producen incendios y hay canteras en las paredes del lago. La sobrepesca o pesca destructora es una amenaza que se produce pero no parece tener una importancia elevada. El estado de amenaza del lago de Ilopango es considerado: Vulnerable. La situación legal como área protegida es: Sin status de protección.

### **3.6 FOTOMETRIA DE LLAMA <sup>(11)</sup>**

Es una técnica de emisión que utiliza una llama como fuente de excitación y un fotodetector electrónico como dispositivo de medida. Se trata principalmente de un método de análisis cuantitativo y es uno de los métodos más sencillos y precisos para el análisis de metales alcalinos, la mayor parte de los metales alcalinotérreos y algún otro elemento metálico.

#### **Función y condiciones de las llamas:**

Las condiciones que debe cumplir una llama para considerarla satisfactoria es que tenga la temperatura adecuada y que en ella se forme un ambiente gaseoso que permita realizar las funciones de la llama.

La llama tiene tres funciones básicas:

1. Permite pasar la muestra a analizar del estado líquido a estado gaseoso;
2. Descompone los compuestos moleculares del elemento de interés en átomos individuales o en moléculas sencillas y
3. Excita estos átomos o moléculas.

**Fenómenos que tienen lugar en la llama:**

1. Se evapora el agua o los otros disolventes dejando como residuo diminutas partículas de sal seca.
2. La sal seca se vaporiza, es decir, pasa al estado gaseoso.
3. Las moléculas gaseosas, o una parte de ellas, se disocian progresivamente dando lugar a átomos neutros o radicales. Estos átomos neutros son las especies emisoras en fotometría de llama.
4. Parte de los átomos neutros se excitan térmicamente o se ionizan. La fracción excitada térmicamente es importante en análisis por fotometría de llama ya que el retorno al estado fundamental de los electrones excitados es el responsable de la emisión de la luz que se mide.
5. Parte de los átomos neutros o de los radicales que se encuentran en la llama pueden combinarse para formar nuevos compuestos gaseosos. La formación de estos compuestos reduce la población de los átomos neutros en las llamas y constituye las llamadas interferencias químicas que se presentan en los métodos de análisis que utilizan llamas.

A las temperaturas ordinarias de llamas es relativamente baja la fracción de átomos del estado fundamental que se excita. Únicamente si la temperatura de la llama es muy elevada la fracción de átomos excitados empieza a ser apreciable. Este hecho pone de manifiesto la necesidad de controlar la temperatura de la llama cuidadosamente para fotometría de emisión.

**Fotómetro de llama**

En el análisis de Litio por fotometría de llama, la muestra es aspirada por medio de un nebulizador que descarga la muestra en forma de aerosol (atomizada) a una llama. Los átomos de Litio son excitados por dicha llama a un nivel de energía mayor. Al regresar a su estado fundamental emiten energía en forma de luz de una longitud de onda de 670.8 nm que es específica para el análisis de este elemento. La luz pasa a través de un filtro que selecciona la longitud de onda de la luz emitida por los átomos del Litio.

La luz pasa a un detector integrado al sistema de lectura que puede ser digital o analógico. La intensidad de la luz emitida y la respuesta eléctrica del detector, son directamente proporcionales a la concentración del Litio.

**CAPITULO IV**  
**DISEÑO METODOLOGICO**

## **4.0 DISEÑO METODOLOGICO**

### **4.1 Tipo de Estudio:**

El presente trabajo se clasifica como: Prospectivo y Experimental.

- Prospectivo, porque el trabajo desarrollado, sirve como un antecedente para futuras investigaciones y proyectos relacionados.
- Experimental, ya que la respuesta concreta al problema planteado se conoció a través de un análisis fotométrico realizado a muestras de agua provenientes de la zona noroeste de la Isla Chachagaste del Lago de Ilopango.

### **4.2 Investigación Bibliográfica:**

Se visitaron las bibliotecas de las siguientes Instituciones.

- Universidad de El Salvador; Biblioteca Central
- Universidad de El Salvador; Biblioteca Dr. Benjamín Orozco, Facultad de Química y Farmacia.
- Internet

### **4.3 Investigación de Campo:**

Se realizaron tres visitas al Lago de Ilopango:

1. Se seleccionaron cinco puntos de muestreo, en la zona noroeste de la Isla Chachagaste, donde hay presencia de un foco de contaminación por desechos materiales.
2. Se procedió a recolectar las muestras por duplicado en los puntos seleccionados en época seca (Marzo del 2011).
3. Y la tercera correspondió a la época lluviosa (Septiembre del 2011) en la que igualmente se tomaron cinco muestras por duplicado de los puntos seleccionados en la primera visita.

- **Universo:** Aguas del Lago de Ilopango.
- **Muestra:** Dirigida al agua del Lago Ilopango en los cinco puntos seleccionados en la zona noroeste de la Isla Chachagaste (Ver Figura No. 1). La toma de muestra se realizó por duplicado.

#### **4.4 PARTE EXPERIMENTAL:**

##### **- INDICACIONES PARA LA TOMA DE MUESTRA:**

Tomar la muestra en frascos limpios y nuevos o que solo haya contenido agua, preferiblemente debe ser de plástico, de capacidad de 1000 mL, con tapadera de rosca para evitar derrames. Mantener a menos de 10 °C, no utilizar conservantes si se analizara antes de 12 horas. Añadir Ácido Nítrico concentrado hasta pH < 2 para un tiempo de conservación de 6 meses <sup>(5)</sup> (Ver Figura N° 9).

##### **- TOMA DE MUESTRAS:**

La toma de muestras se realizó en cinco puntos previamente seleccionados en la zona noroeste de la Isla Chachagaste a un metro de profundidad.

Para llegar a los puntos de muestreo seleccionados se utilizó como recurso una de las lanchas para viajes turísticos, que se encuentran ubicadas en el turicentro Apulo. Se partió desde este lugar hasta llegar a la Isla Chachagaste. La primera muestra se tomó a una distancia de 15 metros de la Isla en dirección noroeste hacia la ribera del lago, la segunda, tercera, cuarta, y quinta muestra se tomaron siguiendo la misma dirección a 20, 25, 50, y 100 metros de la isla respectivamente (Ver Figura N° 1).

Para tomar la muestra a un metro de profundidad en cada punto se utilizó un instrumento para toma de muestras de agua en lagos con escala de 1.5 metros (Ver Figura 10).

Se procedió de la siguiente manera: <sup>(5)</sup>

- 1- En el punto de muestreo se colocó el frasco en el instrumento para la toma de muestra introduciéndolo a un metro de profundidad, y se enjuagó el frasco tres veces con la muestra y se descartó (Ver Figura N° 9 y 10).
- 2- Al tomar la muestra se llenó completamente el frasco y se tapó inmediatamente evitando aireación.
- 3- Se etiquetó la muestra identificando el lugar, fecha, hora, y nombre de la muestra (Ver Figura N° 11).
- 4- Se repitió el procedimiento para el duplicado y los puntos restantes con sus respectivos duplicados.
- 5- Se almacenaron los frascos en una hielera con hielo picado y un termómetro a menos de 10 °C (No congelar la muestra).
- 6- El Análisis se realizó antes de cumplir 12 horas, desde la toma de muestras.

#### 4.5 ANALISIS:

##### Método Fotométrico de Emisión de Llama <sup>(14)</sup>

- **Principio:** El litio puede determinarse en cantidades traza por métodos fotométricos de llama. Las medidas pueden hacerse a una longitud de onda de 670,8 nm.
- **Interferencia:** el bario, el estroncio, y el calcio interfieren en la determinación espectrométrica de llama de litio, pudiéndose eliminar por adición de una solución de sulfato sódico-carbonato sódico ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ - $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) que precipita el sulfato de bario ( $\text{BaSO}_4$ ), el carbonato de estroncio ( $\text{SrCO}_3$ ) y el carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ). El contenido de magnesio no debe sobrepasar los 10 mg en la porción tomada para análisis con objeto de evitar la interferencia de la coprecipitación.

- **Instrumental:**

Fotómetro de llama digital PFP7, especialmente apropiado para determinaciones rutinarias de Sodio (Na), Potasio (K), Litio (Li), Calcio (Ca) y Bario (Ba). (Ver Figura N° 12),

Precisa gas (propano, natural o butano) y un compresor de 6 L/min y 1 bar de presión.

Características técnicas:

- Rango: 0 - 199.9

- Límite de detección (ppm): Sodio: 0.2 ppm; Potasio: 0.2 ppm; Litio 0,25 ppm; Calcio: 15 ppm; Bario: 30 ppm.

- **Reactivo:** Sulfato Sódico y Carbonato Sódico: disuélvanse 5 g de  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  y 10 g de  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  en agua destilada y dilúyase hasta 1 L.

- **Procedimiento:**

- a) Eliminación de la interferencia bario, calcio, y estroncio: tomar una muestra de 50,0 mL si se necesita o menor (para concentraciones más altas) con un contenido no superior a 10 mg de Mg (para evitar la competencia en la coprecipitación). Añadir 5,0 mL de reactivo  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  -  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ . para medirla por fotometría de llama.
- b) Tratamiento de soluciones patrón: preparar una solución patrón de 5 ppm de Li, por disolución de 0.5 mL de estándar de Litio (de 1000 ppm), hasta 100 mL con agua destilada, añadiendo 5 mL de reactivo  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  -  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  y mezclar. Preparar soluciones del estándar de Li a 10, 15, 20, y 30 ppm para establecer al menos tres puntos sobre una curva de calibración de emisión frente a ppm Li.
- c) Se calibra el equipo empleando agua destilada para calibrar a cero y utilizando el estándar de 30 ppm para la lectura de mayor emisión

posteriormente cuando se completa la calibración, se leen los estándares de 5, 10, 15, y 20 ppm a una longitud de onda de 670.8 nm.

- d) Leer la emisión de la muestra por duplicado a una longitud de onda de 670.8 nm.
- e) Construir la curva de calibración (Emisión vs Concentración) comenzando con el estándar de menor concentración.
- f) Interpolar en el grafico la emisión de la muestra para calcular la concentración desconocida de Litio.

**CAPITULO V**  
**RESULTADOS Y DISCUSION DE RESULTADOS**

## 5.0 RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

### 5.1 EFECTOS TOXICOS DEL LITIO EN EL MEDIO AMBIENTE Y EN LOS SERES HUMANOS

El litio es un elemento moderadamente abundante y está presente en la corteza terrestre en 65 partes por millón (ppm). Experimenta un gran número de reacciones, tanto con reactivos orgánicos como inorgánicos, lo que lo hace peligroso para el medio ambiente y los seres humanos.

#### 5.1.1 EFECTOS TOXICOS DEL LITIO EN EL MEDIO AMBIENTE:

Es absorbido por la tierra hasta llegar a los mantos acuíferos contaminando las aguas subterráneas y superficiales. El litio no se encuentra de manera natural en el aire ya que no es volátil pero puede llegar a estar presente en este en forma de partícula y regresar a la superficie terrestre a través de deposición húmeda o seca. La cantidad recomendada de Li en el aire es de  $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$  <sup>(1)</sup>. En el agua no debe sobrepasar los  $2.5 \text{ mg}/\text{L}$  <sup>(21)</sup>. Las plantas lo absorben fácilmente, sin embargo un exceso de litio puede ser tóxico. La cantidad de litio en las plantas es normalmente de entre 0.2 y 30 ppm. <sup>(24)</sup>

El litio metálico reacciona con el nitrógeno, el oxígeno, y el vapor de agua en el aire. Consecuentemente, la superficie del litio se recubre de una mezcla de hidróxido de litio (LiOH), carbonato de litio ( $\text{Li}_2\text{CO}_3$ ), y nitrato de litio ( $\text{Li}_3\text{N}$ ). El hidróxido de litio representa un peligro potencialmente significativo porque es extremadamente corrosivo.

El Litio puede arder espontáneamente en contacto con el aire cuando se dispersa en finas partículas. Cuando se calienta se forman vapores tóxicos. Reacciona violentamente con oxidantes fuertes, ácidos y muchos compuestos (hidrocarburos, halógenos, halones, cemento, arena y asbestos) provocando peligro de incendio y explosión. Reacciona violentamente con el agua,

formando gas hidrógeno altamente inflamable y vapores corrosivos de hidróxido de litio. <sup>(23)</sup>

### **5.1.2 EFECTOS TOXICOS DEL LITIO EN LOS SERES HUMANOS:** <sup>(6)</sup>

Por arriba de 2 meq/litro, pueden surgir efectos tóxicos graves. <sup>(2)</sup> El litio es un neurotóxico y además daña los riñones, la intoxicación por litio produce fallas respiratorias, depresión del miocardio, edema pulmonar y estupor profundo. Además daña el sistema nervioso, provocando anorexia, náuseas, movimientos musculares involuntarios, apatía, confusión mental, visión borrosa, temblores, estado de coma e incluso la muerte.

## 5.2 SELECCIÓN DE LOS PUNTOS DE MUESTREO

Se seleccionaron cinco puntos de muestreo al azar en la zona noroeste de la Isla Chachagaste del Lago de Ilopango donde se observó un foco de contaminación por desechos y basura.

El primer punto seleccionado está ubicado a una distancia de 15 metros de la Isla, el segundo a 20 metros, el tercero a 25 metros, el cuarto a 50 metros y el quinto a 100 metros de la isla hacia la ribera del lago en dirección noroeste. Todas las muestras se tomaron por duplicado a una profundidad de un metro.

Cuadro N° 1: Toma de muestras

MUESTRA/ DUPLICADO	DISTANCIA (m)	PROFUNDIDAD (m)
1	15	1
2	20	1
3	25	1
4	50	1
5	100	1



FIGURA N° 1: Toma de muestras zona noroeste Isla Chachagaste.

## 5.3 ANALISIS DE MUESTRAS

### 5.3.1 RESULTADOS EPOCA SECA

Se elaboró la curva de calibración de Litio para las muestras de época seca siguiendo las recomendaciones de la APHA. <sup>(14)</sup> Se emplearon estándares de Litio a las concentraciones de 5, 10, 15, 20 y 30 ppm.

Cuadro N° 2: Lecturas de emisión de los Estándares de Li época seca.

ST	PPM	EMISION
<b>Blanco</b>	0	0
<b>1</b>	5	7
<b>2</b>	10	14
<b>3</b>	15	21
<b>4</b>	20	28
<b>5</b>	30	42

Con los datos obtenidos se procedió a realizar la curva de calibración:

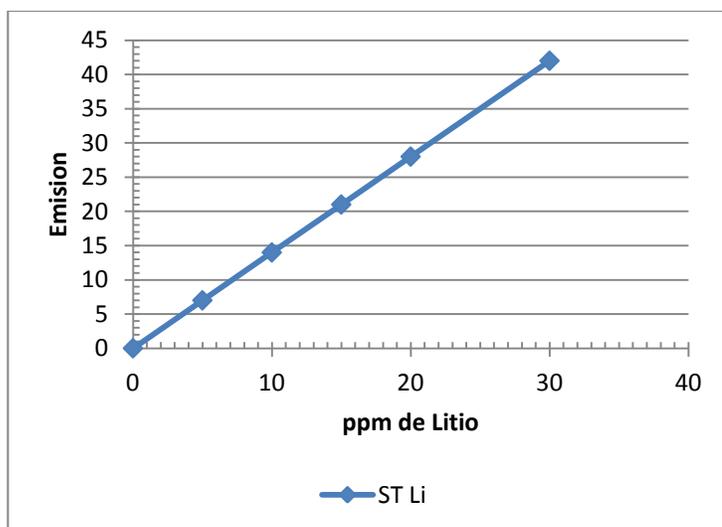


Figura N° 2: Curva de calibración Concentración vrs Emisión época seca.

La recta lineal de esta grafica (Ver Figura N° 2) permite obtener el intervalo de concentraciones óptimo o el intervalo que presentará una relación lineal entre emisión y concentración de Litio. Una vez establecida la linealidad debe

observarse que el comportamiento de la respuesta analítica está en función de la concentración del analito. Por lo tanto, al evaluar la curva de calibración se puede observar que el comportamiento lineal se mantiene hasta una concentración de 30 ppm.

A continuación se presentan las lecturas de emisión de las muestras tomadas y sus respectivos duplicados:

Cuadro N° 3: Lectura de emisión de las muestras época seca.

<b>EPOCA SECA</b>					
<b>MUESTRAS</b>	<b>EMISION</b>	<b>PPM</b>	<b>DUPLICADOS</b>	<b>EMISION</b>	<b>PPM</b>
<b>Mx 1</b>	1	0.71	<b>D1</b>	1	0.71
<b>Mx 2</b>	1	0.71	<b>D2</b>	1	0.71
<b>Mx 3</b>	1	0.71	<b>D3</b>	1	0.71
<b>Mx 4</b>	1	0.71	<b>D4</b>	1	0.71
<b>Mx 5</b>	1	0.71	<b>D5</b>	1	0.71
<b>Mx 6</b>	1	0.71	<b>D6</b>	1	0.71
<b>Mx 7</b>	1	0.71	<b>D7</b>	1	0.71
<b>Mx 8</b>	1	0.71	<b>D8</b>	1	0.71
<b>Mx 9</b>	1	0.71	<b>D9</b>	1	0.71
<b>Mx 10</b>	1	0.71	<b>D10</b>	1	0.71

Después de obtener las lecturas de emisión de las muestras y duplicados la concentración de estos se calcula por interpolación de los valores de emisión de la siguiente manera:

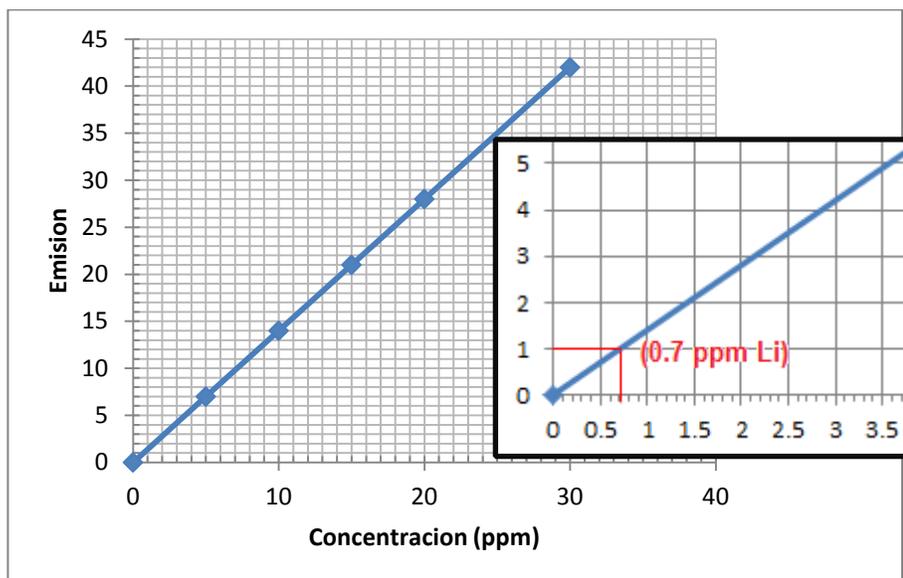


Figura N° 3: Interpolación de las muestras época seca.

### DISCUSION DE RESULTADOS EPOCA SECA

Por interpolación en la curva de calibración del Litio se obtiene el valor de 0.71 ppm correspondiente a la concentración de Li en la muestra, como se observa en la Figura N° 3.

Debido a que las cinco muestras con sus respectivos duplicados presentaron una emisión igual a 1, el valor de 0.71 ppm es el mismo para todas las muestras analizadas por lo tanto el promedio de concentración de litio en época seca es de 0.71 ppm.

La concentración de litio presente en la muestra también puede obtenerse mediante la ecuación de la línea recta  $Y = mx + b$  que genera la curva de calibración de los estándares de litio, despejando el valor de "X" en la ecuación. De la siguiente manera:

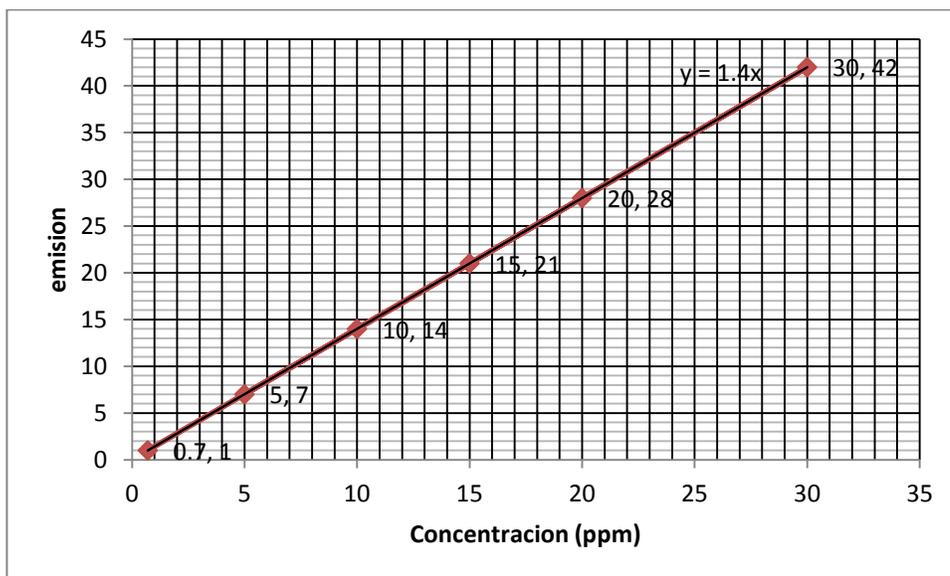


Figura N° 4: Ecuación lineal época seca.

Ecuación del gráfico:  $Y = mx + b$ ; Donde  $m = 1.4$  y  $b = 0$  para este caso.

Sustituyendo Valores:  $Y = 1.4X$

Despejando "X":  $X = \frac{Y}{1.4}$

$$X = \frac{1 \text{ ppm}}{1.4}$$

$$X = 0.714 \text{ ppm}$$

Dónde: Y= valor de emisión de la muestra; y

X= concentración de la muestra.

NOTA: La ecuación del gráfico se obtiene matemáticamente ( $Y = mx + b$ ) o directamente al graficar en Excel.

### 5.3.2 RESULTADOS EPOCA LLUVIOSA

Se elaboro una nueva curva de calibración empleando estándares de Litio a las concentraciones de 5, 10, 15, 20 y 30 ppm.

Cuadro N° 4: Lectura de Emisión de los Estándares de Li Época Lluviosa.

ST	PPM	EMISION
Blanco	0	0
1	5	5
2	10	10
3	15	14
4	20	19
5	30	27

Graficando los resultados tenemos:

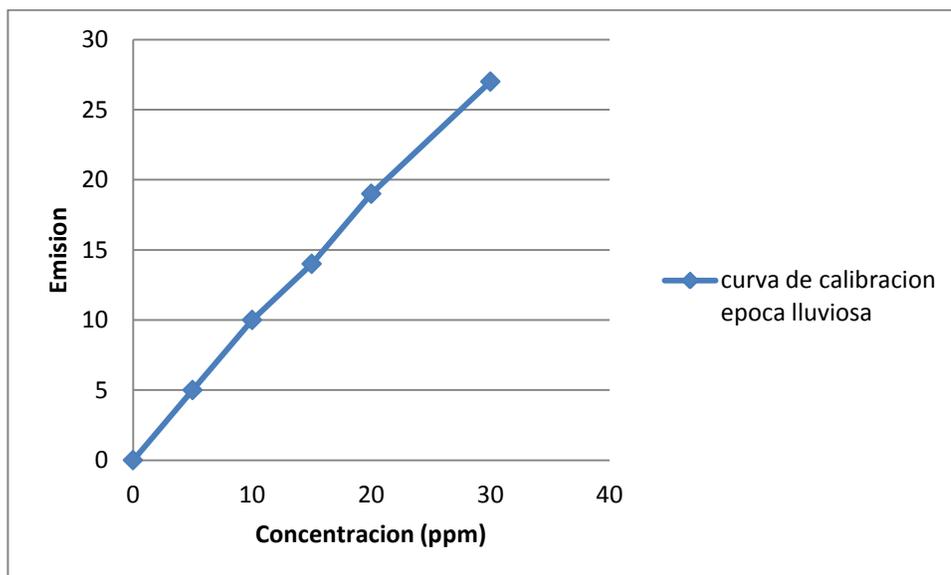


Figura N° 5: Curva de Calibración de Litio Época Lluviosa.

Al graficar concentración vrs emisión de los estándares de Litio para obtener la curva de calibración los datos representados no forman una línea recta (los errores experimentales siempre presentes hacen que no se hallen perfectamente alineados) es necesario usar el método de Mínimos Cuadrados

para obtener una línea recta, ya que es mediante una relación lineal que se obtiene el valor de la concentración de litio ya sea por interpolación o a través de la ecuación de la línea recta ( $Y = mx + b$ ).

Aplicando Mínimos Cuadrados se obtiene:

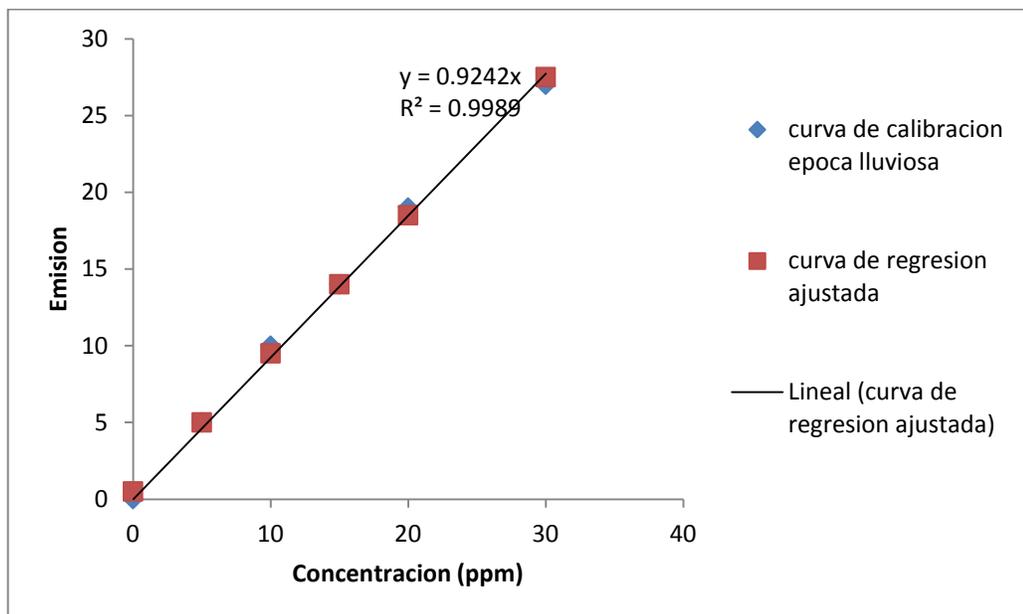


Figura N° 6: Curva de Regresión de Litio Época Lluviosa.

El método de mínimos cuadrados determina los valores de los parámetros  $m$  y  $b$  de la línea recta que mejor se ajusta a los datos experimentales.

Para verificar la validez del modelo lineal se utiliza el coeficiente de determinación  $r^2$  (o el coeficiente de correlación  $r$ ), que indica el grado de dependencia entre las variables  $x$  e  $y$ . Compara los valores  $y$  calculados y reales. Su valor puede variar entre 0 y 1.

Si  $r^2 = 1$ , hay una correlación perfecta en la muestra, es decir, no hay diferencia entre el valor  $y$  calculado y el valor  $y$  real.

Si  $r^2 = 0$ , la ecuación de regresión no es útil para predecir un valor  $y$ . Es decir: No existe ninguna relación entre las variables.

La exactitud de la línea calculada depende del grado de dispersión de los datos. Cuanto más lineales sean los datos, más exacto será el modelo de regresión lineal.

Un conjunto de datos podrá dar evidencia de linealidad sobre los valores de  $x$  cubiertos por dicho conjunto. Para valores de  $x$  más allá de la zona cubierta por los datos no se tendrá nunca evidencia de linealidad. No se debe usar nunca la recta de regresión ajustada para predecir valores de  $y$  correspondientes a valores de  $x$  fuera del rango cubierto por los datos.

Después de obtener la curva de regresión lineal de los estándares de la época lluviosa se interpolan los valores de emisión de las muestras y los duplicados para conocer la concentración de Litio de los analitos.

A continuación se presentan las lecturas de emisión de muestras tomadas con sus respectivos duplicados:

Cuadro N° 5: Lecturas de emisión de las muestras época lluviosa.

EPOCA LLUVIOSA					
MUESTRAS	EMISION	PPM	DUPLICADOS	EMISION	PPM
<b>Mx 1</b>	0	0	<b>D1</b>	0	0
<b>Mx 2</b>	0	0	<b>D2</b>	0	0
<b>Mx 3</b>	0	0	<b>D3</b>	0	0
<b>Mx 4</b>	0	0	<b>D4</b>	0	0
<b>Mx 5</b>	0	0	<b>D5</b>	0	0
<b>Mx 6</b>	0	0	<b>D6</b>	0	0
<b>Mx 7</b>	0	0	<b>D7</b>	0	0
<b>Mx 8</b>	0	0	<b>D8</b>	0	0
<b>Mx 9</b>	0	0	<b>D9</b>	0	0
<b>Mx 10</b>	0	0	<b>D10</b>	0	0

## DISCUSION DE RESULTADOS EPOCA LLUVIOSA

Para comprobar si el modelo lineal simple se ajusta o no para estudiar la relación entre la emisión y la concentración de Litio en época lluviosa se determinó: la ecuación de la recta y se calcularon los parámetros de la pendiente, el intercepto, y el coeficiente de determinación ( $r^2$ ), de la línea de regresión o curva de calibración ajustada mediante el método de los mínimos cuadrados.

Los cálculos se realizaron y analizaron utilizando Microsoft Office Excel 2010, obteniéndose los siguientes resultados: Ver Figura N° 6.

Coeficiente de determinación ( $r^2$ ): 0.9989. Este valor indica que hay correspondencia entre los valores obtenidos con la recta de ajuste y los obtenidos experimentalmente.

Intercepto ( $b = 0$ ) y la pendiente ( $m = 0.9242$ ), de acuerdo con estos datos la ecuación ajustada es  $Y = 0.9242X + 0$

Sustituyendo el valor de Y en la ecuación de la grafica y despejando X para obtener la concentración de las muestras y duplicados:

$$X = \frac{0 \text{ ppm}}{0.9242}$$

$$X = 0 \text{ ppm de Li}$$

Este resultado nos indica que no hay presencia de Litio en época lluviosa.

### 5.3.3 COMPARACION DE LOS RESULTADOS DEL ANALISIS EPOCA SECA Y EPOCA LLUVIOSA

Cuadro N° 6: Comparación de Resultados época seca y lluviosa.

	EPOCA SECA		EPOCA LLUVIOSA	
	EMISION	PPM	EMISION	PPM
Muestras (1 a 5)	1	0.7	0	0
Duplicados (1 a 5)	1	0.7	0	0

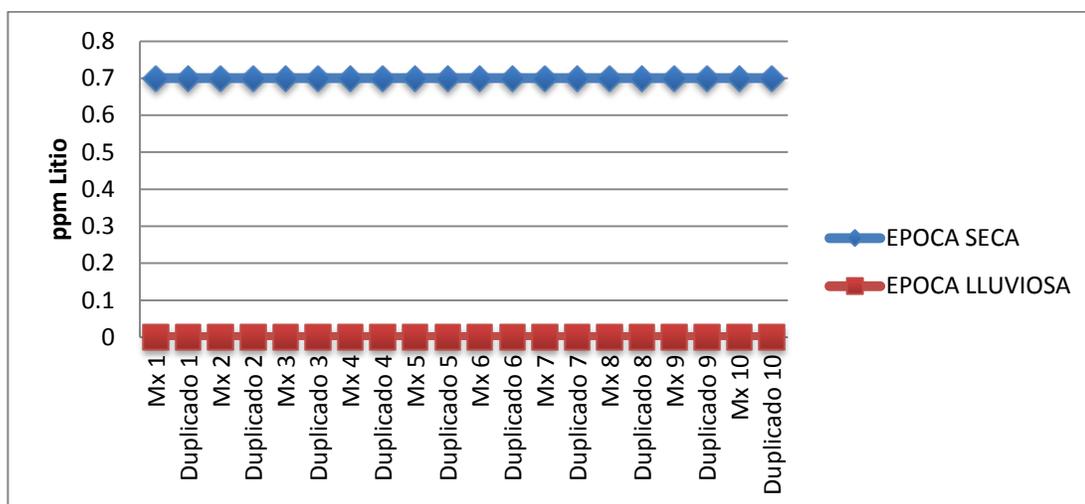


Figura N° 7: Comparación de Resultados Época Seca y Lluviosa.

#### DISCUSION:

Al comparar los resultados se observa presencia de litio en época seca pero no en lluviosa. Esto puede atribuirse a que durante los meses de noviembre a enero cuando la temperatura ambiental y la del agua tienden a bajar, y la velocidad del viento se incrementa, el lago sufre un proceso de convección o renovación de las aguas, este proceso permite que los nutrientes y otros elementos provenientes del fondo del lago sean inyectados a las capas de agua más superficiales. El proceso generalmente tiene una duración de tres meses.<sup>(17)</sup> Periodo en el cual se tomaron las muestras de época seca (Marzo 2011), además este proceso sucede con mayor intensidad en la zona cercana a las islas sobre las grietas subterráneas que existen en el fondo del lago. La toma

de muestras de época lluviosa se realizó en septiembre es decir aproximadamente 5 meses después del proceso de renovación de las aguas. Esto pudo haber afectado directamente los resultados obtenidos. Otra causa es que en invierno aumenta el caudal del lago y el agua lluvia que se acumula en la superficie no se mezcla totalmente con aguas más profundas dando un resultado negativo a un metro de profundidad a diferencia del verano cuando parte del agua se evapora.

La concentración de litio encontrada evidencia que las baterías y pilas a base de este, que son desechadas en el lago o llegan a este a través de lixiviados provenientes de vertederos municipales aun no han elevado la concentración de litio presente en el agua a niveles dañinos para los seres humanos y el medio ambiente (2.5 mg/L).

#### 5.4 COMPARACION DE RESULTADOS CON LA NORMATIVA DE LEY DE AGUAS DEL DISTRITO FEDERAL DE MEXICO.

Los resultados obtenidos fueron:

- Para Época Seca 0.7 ppm de litio que equivalen a 0.7 mg/L.
- Para Época Lluviosa un promedio de 0.0 ppm de litio que equivalen a 0.0 mg/L.

Cuadro N° 7: Comparación de los resultados con la Normativa Mexicana.

Criterios de Calidad admisibles para aguas de:	Parámetros	Unidad	Límite máximo permisible	Resultados	
				Época seca	Época lluviosa
Consumo humano y uso domestico	Li	mg/L	2.5	0.7	0.0
Uso agrícola o de riego	Li	mg/L	2.5	0.7	0.0
Uso pecuario	Li	mg/L	5.0	0.7	0.0

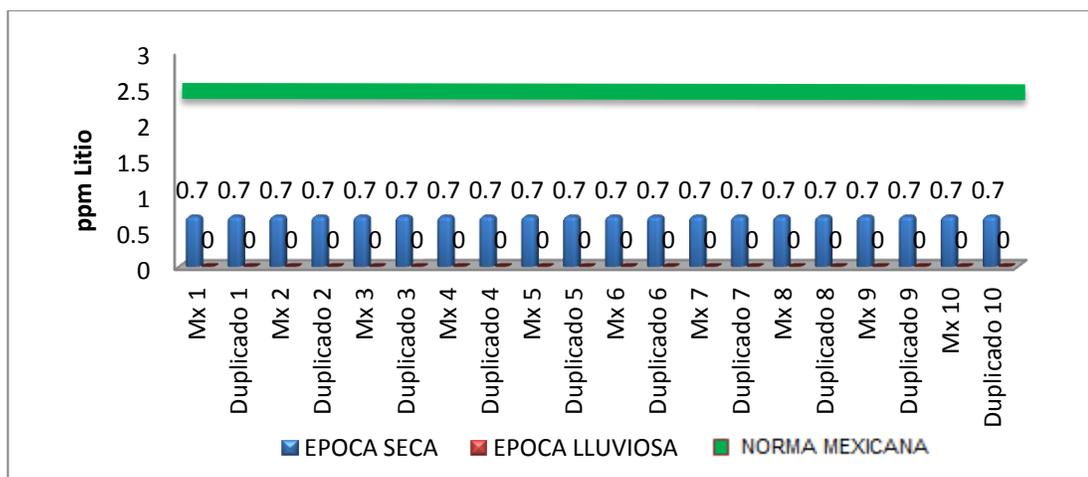


Figura N° 8: Comparación de resultados época seca y lluviosa con la Normativa Mexicana.

Los resultados obtenidos indican que la concentración de Litio se encuentra por debajo del límite máximo permisible según la Ley de Aguas del Distrito Federal de México. <sup>(21)</sup> Estos resultados pueden deberse en gran medida a las campañas de limpieza realizadas por la ONG: Fundación Amigos del Lago de Ilopango (fundada en octubre de 1993).

## **5.5 ALTERNATIVAS DE TRATAMIENTO DE PILAS Y BATERIAS**

### **ELABORADAS A BASE DE LITIO**

Actualmente El Salvador no posee una Ley que exija a los proveedores de pilas y baterías, recolectar dichos productos al finalizar su tiempo de vida útil. Tampoco posee la tecnología adecuada para dar tratamiento de reciclaje o almacenamiento cuando las pilas y baterías se convierten en material en desuso.

Aunque se han creado campañas de reciclaje ninguna le da la importancia adecuada a este tipo de desecho. El 11 de Junio de 2011, el periódico nacional “La Prensa Gráfica” publico que la compañía de telefonía celular Tigo El Salvador lanzaba una campaña de reciclaje de teléfonos celulares y accesorios en desuso, bajo el tema: “Recicla tu celular y dale un regalo al planeta” la cual solo tenía una duración de escasos catorce días, dicha campaña consistía en que los celulares, baterías o accesorios que los salvadoreños poseían en desuso fueran llevados por los mismos a los centros de servicio de Tigo donde se encontrarían buzones para depositarlos explicaba en ese momento la jefa de Comunicaciones de Tigo Gabriela Melara, ella afirmo que el material desechado sería enviado a una compañía en otro país contratado por Tigo para reciclarlo.

Ninguna de las compañías que venden teléfonos celulares en el país se hace responsable del destino final de las baterías a excepción de DIGICEL; esta compañía está abierta a la aceptación de baterías en desuso que provengan de sus clientes, más sin embargo lo hacen solo en caso de una petición por parte de estos, no realizan campañas de recolección ni se hacen responsables de estos desechos en gran escala porque no poseen ningún contacto en el extranjero para un debido tratamiento de reciclaje. En otros países se realizan campañas de recolección permanentemente como es el caso de Movistar Panamá, Movistar Colombia, y Tigo Colombia.

## ALTERNATIVAS.

Hasta que en EL Salvador se implementen procesos avanzados de recolección y reciclaje de alta tecnología, nuestra propuesta en base a la investigación realizada es la siguiente:

**1- Encapsulado de Baterías:** <sup>(10)</sup> Para encapsular las pilas y/o baterías primero se deben sellar los 2 polos (en el caso de las pilas) con cinta adhesiva o de embalaje, después se guardan en una botella de plástico (Ver Figura N°16) del tamaño que se desee. Luego se agrega aserrín seco a la botella, este sirve como absorbente, y posteriormente se tapa la botella sellándola si es posible. De esta manera se aíslan las baterías de tal forma que no permitan la salida de su contenido.

Una vez hecho esto se puede proceder a desecharlas en:

1.1- **Relleno de Seguridad:** Es la más cercana a las posibilidades actuales en la República de El Salvador, principalmente debido a la falta de alternativas. El MIDES posee el mejor relleno sanitario a nivel centroamericano que cumple con las normas ambientales y un adecuado control de lixiviados. Los desechos después de haberse clasificado se depositan en celdas especiales que constan de varias capas de geomembranas y capas drenantes, las geomembranas se sueldan y se colocan tuberías para la colección y tratamiento de lixiviados. La cobertura final se hace con arcilla.

1.2- **Ecobanco:** <sup>(10)</sup> Después de encapsular las baterías y pilas estas pueden ser introducidas dentro de un molde, el cual será llenado con cemento (Ver Figura N°17), a fin de encriptar las pilas dentro del material. En otras palabras, lo que se hace es aislar el elemento, pero el compuesto sigue estando presente, por lo que se convierte en un "pasivo ambiental".

Estos bloques de cemento pueden utilizarse para fabricar ecobancos (Ver Figura N°18) que son bancos ecológicos que se pueden instalar en hoteles, parques, escuelas, hospitales, oficinas, etc.

### **OTRAS ALTERNATIVAS SON:**

2- **ECOVOLTA:** <sup>(10)</sup> Es una ONG sin fines de lucro que radica en Argentina que vende envases de seguridad para descartar las pilas y baterías en desuso (Ver Figura N°19). Los ingredientes que posee dentro el envase eliminan el drenaje y rompe el enlace químico de la pila, absorbe la humedad. Y no es tóxico. Un envase de 1 Litro tiene una donación mínima de \$ 12, 1 Litro con retorno a ECOVOLTA \$ 25, 2 Litros y medio \$ 16, 5 Litros con boca de 90 milímetros \$ 26. El envase de 1 Litro, acepta hasta 74 pilas, modelos AA/AAA, etc. Pueden tenerse en un hogar sin riesgo o peligro de toxicidad.

### **3- Tecnologías para la inmovilización de los constituyentes peligrosos:** <sup>(8)</sup>

Cuando la tecnología para el reciclado de componentes no se encuentra disponible o involucra costos muy elevados, se pueden utilizar también procesos físico-químicos para disminuir significativamente la movilidad de los metales pesados. La vitrificación, cementación y ceramización son otras de las tecnologías disponibles a nivel mundial, las cuales presentan diversas variantes técnicas, tales como la estabilización por agregado de agentes químicos que forman compuestos insolubles con los metales, confinamiento en envases herméticos, encapsulamiento con cemento, vitrificación a altas temperaturas, entre otras.

Cuando se utiliza encapsulamiento con cemento es recomendable colocar las pilas en un envase hermético con agregado de un reactivo básico para neutralizar los productos de alteración ácidos, de forma de preservar la estructura frente a ataques químicos.

Estas tecnologías pueden ser utilizadas para el tratamiento de residuos de pilas y baterías, siempre y cuando los materiales resultantes cuenten con una disposición final adecuada como un relleno de seguridad. El cementado se recomienda como tratamiento previo para la estabilización de estos residuos antes de su disposición final en rellenos de seguridad.

4- **Exportación:** <sup>(8)</sup> opción para el tratamiento, disposición final y/o reciclado en países que dispongan de tecnologías no existentes en El Salvador. El Convenio de Basilea firmado el 11 de diciembre de 1992, regula estrictamente el movimiento transfronterizo de los residuos peligrosos, al mismo tiempo que establece obligaciones que aseguren el control de los mismos, y en especial de su disposición.

Para el reciclado de componentes existen a escala mundial tecnologías para todo tipo de pilas y baterías (secundarias y primarias). El Centro Coordinador Regional del Convenio de Basilea para América Latina y Caribe, con sede Uruguay, destaca la existencia básicamente de dos tipos de tecnologías para la recuperación de metales:

(a) Método Hidrometalúrgico y

(b) Pirometalúrgico (o combinación de ambas).

Los procesos utilizados hoy en día requieren de una etapa previa de separación, dado que no existe un método universal para todo tipo de pilas.

El método hidrometalúrgico consiste en la disolución parcial o total de metales en agua con ácidos o bases fuertes y extracción selectiva de metales para uso como materia prima en la industria metalúrgica. El proceso cuenta con sistemas de colecta, tratamiento o recuperación del metal que se volatiliza durante las distintas etapas. Las etapas son: molienda (trituration de la masa de pilas previa selección y limpieza), separación (tamizado que separa el polvo fino, separación magnética de materiales ferromagnéticos como la carcaza de hierro y de no ferromagnéticos como las piezas de zinc y separación neumática del papel y plástico), lixiviación (separación de los metales en la fracción de polvos finos, mediante tratamiento ácido y posterior neutralización para separar sales metálicas) y cementación (formación de amalgama de cadmio y mercurio con Zinc).

El método pirometalúrgico involucra la transformación y separación de componentes a partir de tratamiento térmico del residuo en medio reductor (combustión con coque) y separación de los metales volátiles.

La destilación es otro proceso que también puede ser utilizado para la recuperación de metales, donde inicialmente las pilas son trituradas a una granulometría adecuada mediante un aparato de trituración y luego sometidas al tratamiento térmico, permitiendo condensar el metal en un recipiente herméticamente cerrado saturado de agua.

A continuación, se detallan algunas de las empresas recicladoras, miembros del EBRA (European Battery Recycling Association) fundada en 1998, localizadas en el extranjero, y el tipo de tecnología aplicado para el reciclado de diferentes tipos de pilas y baterías.

Cuadro N° 8: Empresas recicladoras, miembros del EBRA, localizadas en el extranjero.

Empresas	Localización	Website	Tipo de pilas y baterías	Tecnología
Accurec GMBH	Alemania	<a href="http://www.accurec.de">www.accurec.de</a>	Baterías Ni-Cd, Ni-MH y pilas alcalinas.	<b>Destilación al vacío</b>
Batrec Industrie AG	Suiza	<a href="http://www.batrec.ch">www.batrec.ch</a>	Pilas y baterías 1ª y 2ª, incluyendo baterías de Li y pilas botón.	<b>Pirometalúrgico</b>
Citron	Francia	<a href="http://www.citron.ch">www.citron.ch</a>	Pilas 1ª de Li, alcalinas y de C/Zinc. Baterías Zinc/aire.	<b>Pirometalúrgico</b>
Duclos Environnement	Francia	<a href="http://www.duclos-sa.com">www.duclos-sa.com</a>	Pilas 1ª, incluyendo pilas botón.	<b>Destilación al vacío</b>
Erachem Comilog	Bélgica	<a href="http://www.erachem-eur.com">www.erachem-eur.com</a>	Todo tipo de pilas y baterías primarias.	<b>Hidrometalúrgico</b>
Euro Dieuze Industrie	Francia	<a href="http://www.sarpindustries.fr">www.sarpindustries.fr</a>	Pilas y baterías primarias y secundarias.	<b>Hidrometalúrgico</b>
Pilagest S.L	España	<a href="http://www.pilagest.es">www.pilagest.es</a>	Pilas y baterías 1ª y 2ª (excepto baterías de Pb), incluyendo pilas botón.	<b>Hidrometalúrgico</b>
SNAM	Francia	<a href="http://www.snam.com">www.snam.com</a>	Baterías Ni-Cd, Ni-MH, lón-Li.	<b>Destilación</b>

**CAPITULO VI**  
**CONCLUSIONES**

## 6.0 CONCLUSIONES

- 1- Las pilas y baterías que contienen Litio contaminan el medio ambiente al ser desechados con el resto de los residuos sólidos urbanos, o al ser arrojados a la orilla de las carreteras, terrenos baldíos, cuerpos de agua, etc., ya que sus componentes se lixivian fácilmente. Sin embargo el Litio por si solo representa un peligro ambiental bajo pero combinado con el electrolito no acuoso (Dióxido de sulfuro, Acetonitrilo, Carbonato de propileno, 1,2-Dimetoxietano, etc.) de las baterías es altamente toxico por el contenido de los vapores que se desprenden a la atmosfera como por ejemplo el Cianuro y el Hidruro de litio.
- 2- El Lago de Ilopango no se encuentra contaminado por Litio en la actualidad, como lo demuestran los resultados de la presente investigación realizada en época seca y lluviosa del año 2011. La concentración de Litio en época seca: 0.71 mg/L se encuentra por debajo del límite máximo permisible para aguas de consumo humano, uso agrícola, pecuario, y domestico: 2.5 mg/L según la Normativa de Ley de Aguas del Distrito Federal de México. Esta concentración puede ser natural ya que el Lago se origino por una erupción volcánica que produjo flujos piroclásticos que son fragmentos de roca ígnea volcánica (rocas formadas por la cristalización de fluidos magmáticos primarios) como las pegmatitas que contienen Litio.
- 3- El resultado del análisis de época lluviosa fue de 0.00 mg/L de Litio, que puede deberse al proceso de convección o renovación de las aguas que sufre el Lago de Ilopango. En este proceso los nutrientes y otros elementos provenientes del fondo del lago son inyectados a las capas de agua más superficiales. Cuando el proceso finaliza estos elementos

vuelven a sedimentarse. Este fenómeno puede explicar la diferencia de concentraciones entre época seca y lluviosa.

- 4- En El Salvador no existe ninguna forma de recolección ni tratamiento de pilas y baterías elaboradas a base de Litio en desuso.
- 5- La incineración de pilas y de baterías no es favorable para el medio ambiente debido a que en el proceso se generan emisiones de gases y los constituyentes más volátiles como el cadmio, mercurio y zinc, se incorporan a los gases en forma de partículas finas. Por este motivo, este tipo de tecnología implicaría una solución problemática, sujeta a varios condicionantes difíciles de identificar y controlar.

**CAPITULO VII**  
**RECOMENDACIONES**

## 7.0 RECOMENDACIONES

1. Las empresas distribuidoras de artículos que emplean pilas y baterías de Litio deben Informar a la sociedad por medio de campañas publicitarias los niveles de riesgo que implica el desecho de cada tipo de pilas y baterías, una vez finalizada su vida útil.
2. Que el Gobierno junto con el Ministerio de Medio Ambiente articulen políticas para la optimización en la manipulación, tratamiento y disposición final de las pilas y baterías con el fin de elaborar convenios, concesiones, u otras formas de contratación con órganos estatales, empresas privadas o mixtas para ejecutar este tipo de servicios o bien con los proveedores de pilas y baterías. Estos convenios pueden realizarse en países como EE.UU. Francia, Japón, Alemania y Suecia, que poseen tecnología limpia de alto costo para el reciclaje de baterías de ion-Litio.
3. Que los proveedores creen lugares de recolección de pilas y baterías en desuso. Ya que estas no pueden ser tiradas en la basura convencional, en el campo, o la calle, ni en cuerpos de agua, tampoco pueden ser incineradas o enterradas porque explotan.
4. Realizar campañas de recolección de pilas y baterías por parte del Ministerio del Medio Ambiente, en escuelas, centros comerciales, y lugares idóneos y accesibles para la población, para incentivar que las pilas y baterías se desechen en lugares apropiados, y además crear centros de recolección permanente confiando en que el Ministerio del Medio Ambiente les dará un tratamiento adecuado de tratamiento.

5. Difundir el uso de tecnología solar como calculadoras, relojes, calentadores de agua para la ducha, lámparas, ventiladores, radios, etc.
6. Que el Gobierno junto con el Ministerio del Medio Ambiente analicen y evalúen experiencias exitosas en otros países respecto a programas de recolección disposición y/o reciclado de pilas y baterías.
7. El Gobierno junto con la ayuda del Ministerio del Medio Ambiente, debe crear una normativa de ley aplicable para la recolección, tratamiento y/o reciclaje de pilas y baterías agotadas siguiendo las normativas del Convenio de Basilea sobre el control de los movimientos transfronterizos de los desechos peligrosos y su eliminación.
8. Que el Gobierno y el Ministerio del Medio Ambiente aplique leyes y normas relativas a la distribución en el mercado de pilas y baterías, y responsabilice a los proveedores y distribuidores de pilas y baterías elaboradas a base de litio de la recolección de estas una vez finalizada su vida útil.
9. Que el Ministerio del Medio Ambiente y el Gobierno promuevan la investigación de métodos de reciclado rentable y no perjudicial al medio ambiente. Y que prohíban y sancionen la eliminación de pilas y baterías en vertederos terrestres o acuáticos así como la incineración de estos.
10. Que las Instituciones correspondientes apoyen las campañas de limpieza que actualmente se llevan a cabo en el Lago de Ilopango realizadas por parte de la ONG “Los Amigos del Lago de Ilopango”, ya que ayudan a reducir los focos de basura y desechos que contaminan el lago.

11. Monitorear periódicamente, la concentración de Litio a diferentes profundidades en el Lago de Ilopango, y en otros ríos, lagos, y suelos de El Salvador, por parte de las entidades competentes. Complementando estos estudios con análisis Químicos y Microbiológicos de otros elementos, sustancias y/o microorganismos contaminantes.
12. No enterrar las baterías ni pilas sin haberlas encapsulado previamente o sin haberlas inactivado mediante sustancias químicas ya que se puede producir una explosión, lo mismo sucede al quemarlas a cielo abierto.
13. Que los usuarios de baterías y pilas se hagan responsables de eliminarlas en forma racional y tomen conciencia del riesgo que implica para el medio ambiente y la salud desecharlos de manera inadecuada. Cuidemos el planeta y nuestros recursos naturales.

## BIBLIOGRAFIA

1. Aral Hal, Angélica Vecchio-Sadus. Toxicity of lithium to humans and the environment. The Hong Kong Zedical Association. Ecotoxicology and Environmental Safety [revista en internet]. 2008. [Consultado: 30 – 02 - 2012]. 70(3):349-356. Disponible en:  
[www.hkmacme.org/course/2009BW11-01-00/SP%20CS\\_Nov.Pdf](http://www.hkmacme.org/course/2009BW11-01-00/SP%20CS_Nov.Pdf)
2. Baterías. Baterías de Litio [Base de Datos en Línea]. Consultado el 03-05-2011. Disponible: <http://www.bateriasdelitio.es/aplicaciones.html>
3. Bevan John A. FUNDAMENTOS DE FARMACOLOGIA. Introducción a los principios de acción de los fármacos. SEGUNDA EDICION. México D.F. Editado por HARLA S.A de C.V. 1982. P. 242, 243, 244, 253, 745, 750.
4. Biólogos de El Salvador. El Salvador: HUMEDALES DE EL SALVADOR. Blogger.com. [sede web]. Viernes 24 de julio de 2009. Acceso 5-5- 2011. Disponible en: <http://humedalesdeelsalvador.blogspot.com/2009/07/lago-de-ilopango.html>
5. Bonilla Escobar Elvia Lorena. Recolección de los Métodos de Muestreo para Análisis Físicoquímico de Aguas. Universidad de El Salvador. [Tesis] Facultad de Química y Farmacia. 2004. P. 38, 39, 54.
6. Castro Díaz José y Díaz Arias María Luz. La Contaminación por Pilas y Baterías en México. [sede web]. México: Instituto Nacional de Ecología. 2007. Acceso 25-02-2011. Disponible en:  
<http://www2.ine.gob.mx/publicaciones/libros/438/cap5.html>
7. Cuellar Nelson, Herman Rosa. La Contaminación del Agua en El Salvador: Desafíos y Respuestas Institucionales. PRISMA Programa Salvadoreño de Investigación sobre Desarrollo y Medio Ambiente No.43. [revista en internet]. 2001.P.1-16. Consultado 7-2- 2011. Disponible en:  
[www.bvsde.paho.org/bvsacd/cd27/prisma43.pdf](http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/cd27/prisma43.pdf)

8. Dirección de Residuos Peligrosos. Manejo Sustentable de Residuos de Pilas en Argentina (Pilas en Argentina). Secretaria de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación. [sede web]. 2008. Consultado: 1-11-2011. Disponible en:  
<http://www.ambiente.gov.ar/archivos/web/URP/file/Pilas%20en%20Argentina.doc>
9. Distribución de agua de la tierra, Science for a Changing World USGS. [sede web]. Estados Unidos. 2011. Consultado 12-2-2011. Disponible en:  
<http://ga.water.usgs.gov/edu/waterdistribution.html>
10. Ecovolta. ONG Educativa y Ambientalista. [sede web] Consultado: 5-7-2011. Disponible en: [www.ecovolta.org.ar](http://www.ecovolta.org.ar)
11. El Ergonomista. Fotometría de Llama. España. 2005. Consultado: 4-3-2011. Disponible en: [www.elergonomista.com/tecnicas/fotometria.htm](http://www.elergonomista.com/tecnicas/fotometria.htm)
12. Goth Andrés. FARMACOLOGIA MÉDICA. Principios y Conceptos. SEPTIMA EDICION. México D.F. Nueva Editorial Interamericana S.A de C.V. 1975. P. 198-199.
13. Lago de Ilopango [Mapa Topográfico]. Ministerio de Obras Públicas. El Salvador: MOP. Consultado: 09-03-2011. Disponible en:  
<http://vmvdu.mop.gob.sv/website/documentos/Nacional/Imagenes/%C3%81reas%20Naturales/LAGO%20DE%20ILOPANGO.pdf>
14. Métodos Normalizados para Análisis de Aguas Potables y Residuales (APHA – AWWA – WPCF): Método 3500 – Li D. 17ª Edición. Madrid España. Editado por Díaz de Santos. 1992. P. 3-125.
15. Microsoft Corporation 2007. Microsoft Student 2008. El Salvador (Republica). [DVD-ROM]. Estados Unidos. 2008.
16. Norma Salvadoreña CONACYT, NSO 13.49.01:09. Agua. Agua Residuales Descargadas a un Cuerpo Receptor. [base de datos en internet]. El Salvador CONACYT. Octubre 1996. Consultado: 11-2-2011 Disponible en:  
<http://www.infoq.org.sv/dbnormas/NSO%2013.49.01.09.pdf>

17. Organismo Internacional Regional de Sanidad Agropecuaria. Descripción de Lagos de El Salvador. [base de datos en internet]. OIRSA. Consultado: 30-02-2012. Disponible: [www.Oirsa.org/aplicaciones/subidoarchivos/BibliotecaVirtual/LagosElSalvador.pdf](http://www.Oirsa.org/aplicaciones/subidoarchivos/BibliotecaVirtual/LagosElSalvador.pdf)
18. Osicka Rosa M. y Giménez María C. Determinación del Contenido de Sodio y Potasio en Aguas Naturales Subterráneas por Fotometría de Llama. [base de datos en internet]. Argentina: Universidad Nacional del Noroeste, Comunicaciones Científicas y Tecnológicas. 2004. Consultado: 15-3-2011. Disponible en: <http://www.unne.edu.ar/Web/cyt/com2004/8-Exactas/E-068.pdf>
19. Rockwell Automation. Instrucciones de Instalación. Pautas para el Tratamiento de Baterías de Litio. Número de catálogo 1747-BA. [base de datos en internet] España: 2004. Consultado: 12-2-2011. Disponible en: [http://samplecode.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/in/1747-in515\\_-es-p.pdf](http://samplecode.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/in/1747-in515_-es-p.pdf)
20. San Salvador. [Mapa Topográfico]. Plan de Desarrollo Territorial Para La Subregión Territorial Metropolitana de San Salvador. El Salvador: Ministerio de Obras Públicas. Acceso 09 de Marzo de 2011. Disponible en: [http://vmvdu.mop.gob.sv/sitdt/cart0/04\\_san\\_salvador/Mapa%20D-4%20Estructura%20Org%C3%A1nica%20del%20Territorio.pdf](http://vmvdu.mop.gob.sv/sitdt/cart0/04_san_salvador/Mapa%20D-4%20Estructura%20Org%C3%A1nica%20del%20Territorio.pdf)
21. Secretaria del Medio Ambiente de Ciudad México. Ley de Aguas del Distrito Federal. [base de datos]. 2010. Consultado: 12-02-2011. Disponible: [http://www.sma.df.gob.mx/sma/links/download/biblioteca/leyes\\_equidad/local/03\\_ley\\_aguas.pdf](http://www.sma.df.gob.mx/sma/links/download/biblioteca/leyes_equidad/local/03_ley_aguas.pdf)
22. The International Development Research Center. Pilas y Baterías Domésticas. [base de datos en internet] Canadá: IDRC. Consultado 04-03-2011. Disponible en:

[http://www.idrc.ca/uploads/user-S/11437601661gr-02\\_11-pilas\\_pag89-94.pdf](http://www.idrc.ca/uploads/user-S/11437601661gr-02_11-pilas_pag89-94.pdf)

23. Villegas Jaramillo Jorge Hernán MD. Contaminación Ambiental. Para el manejo ambiental de las pilas. Caracterizar el comportamiento del uso de las pilas o baterías comunes, y culturizar a la comunidad caleña para el buen manejo ambiental de los residuos sólidos provocados por estas. [monografía en internet] Colombia. 2008. Consultado 11-05- 2011 Disponible en: <http://contaminacionambientalporpilas.blogspot.com/>
24. Water Treatment Solutions Lenntech. Litio (Li) y agua. [sede web]. Estados Unidos:Lenntech. Consultado: 24-7-2011. Disponible en: [www.lenntech.es/litio-y-agua.htm](http://www.lenntech.es/litio-y-agua.htm)

**ANEXOS**

## ANEXO No. 1



FIGURA N° 9: Botella de Plástico Recomendada para toma de muestras de agua de Lagos.

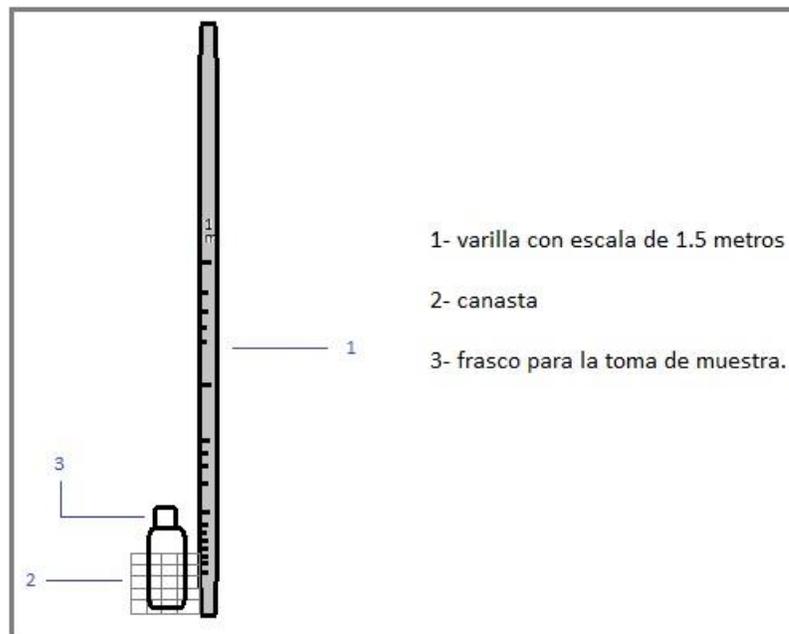


FIGURA N° 10: Instrumento utilizado para la toma de muestra.

**INVESTIGACION DE LA PRESENCIA DE LITIO POR FOTOMETRIA DE LLAMA  
EN MUESTRAS DE AGUA PROVENIENTES DE LA ZONA NOROESTE DE LA  
ISLA CHACHAGASTE DEL LAGO DE ILOPANGO.**

MUESTRA NÚMERO: \_\_\_\_\_ DUPLICADO: \_\_\_\_\_

HORA DE MUESTREO: \_\_\_\_\_

FECHA DE MUESTREO: \_\_\_\_\_

RECOLECTOR DE MUESTRA: \_\_\_\_\_

TESTIGO: \_\_\_\_\_

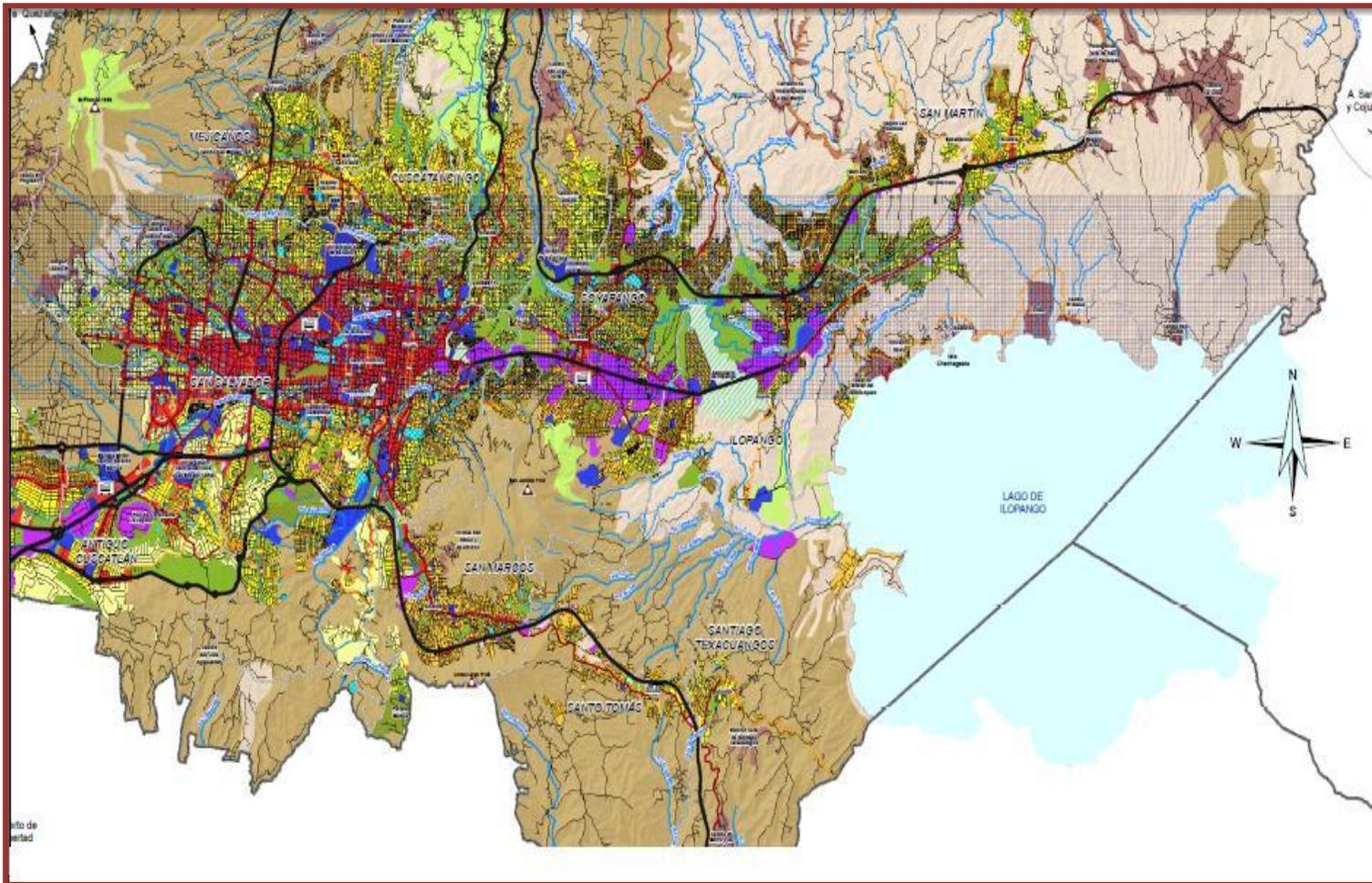
LUGAR: \_\_\_\_\_

FIGURA N° 11: Etiqueta de Identificación de Muestras.



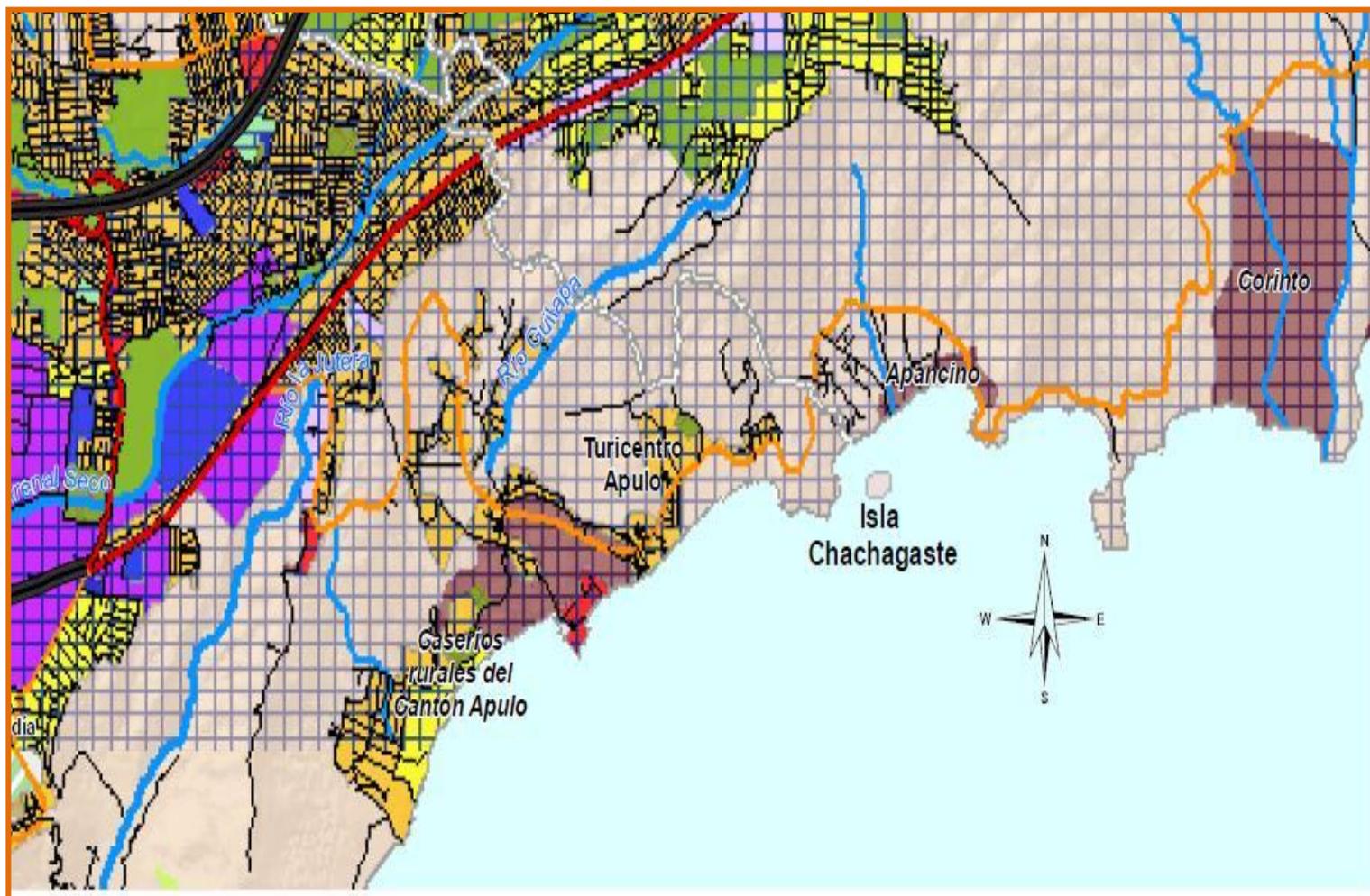
FIGURA N° 12: Fotómetro de llama digital PFP7.





ANEXO No 3

FIGURA N° 14: Mapa Topográfico del Lago de Ilopango.



ANEXO No 4

FIGURA N° 15: Mapa Topográfico de la Isla Chachagaste.

**ANEXO No. 5**



**FIGURA N° 16: Encapsulado de pilas y baterías.**



**FIGURA N° 17: Cementación de pilas y baterías.**

**ANEXO No. 6**



**FIGURA N° 18: Ecobancos.**



**FIGURA N° 19: Envases de seguridad para descartar las pilas y baterías de Ecovolta.**