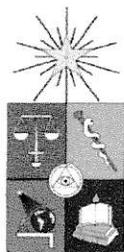


UCH-FC
Q. Ambiental
L563
C.1



FACULTAD DE CIENCIAS
UNIVERSIDAD DE CHILE

“EVALUACIÓN DE LA PELIGROSIDAD DE PILAS EN LIXIVIADOS”

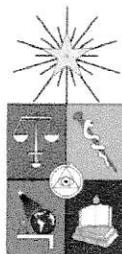
Seminario de Título entregado a la Universidad de Chile en cumplimiento parcial de los requisitos para optar al Título de:

Químico Ambiental

Marco Antonio León Calderón

Director de Seminario de Título: Dra. Isel Cortés Nodarse
Profesor Patrocinante: Dr. Manuel Leiva

Junio de 2011
Santiago – Chile



INFORME DE APROBACIÓN SEMINARIO DE TÍTULO

Se informa a la Escuela de Pregrado de la Facultad de Ciencias, de la Universidad de Chile que el Seminario de Título, presentado por el candidato:

MARCO ANTONIO LEON CALDERON

"EVALUACIÓN DE LA PELIGROSIDAD DE PILAS EN LIXIVIADOS"

Ha sido aprobado por la Comisión de Evaluación, en cumplimiento parcial de los requisitos para optar al Título de Químico Ambiental

COMISIÓN DE EVALUACIÓN

Dra. Isel Cortés Nodarse
Director Seminario de Título

Firma manuscrita de Dra. Isel Cortés Nodarse sobre una línea horizontal.

Dr. Manuel Leiva
Profesor Patrocinante

Firma manuscrita de Dr. Manuel Leiva sobre una línea horizontal.

Prof. María Inés Toral
Corrector

Firma manuscrita de Prof. María Inés Toral sobre una línea horizontal.

Dr. Mauricio Isaacs
Corrector

Firma manuscrita de Dr. Mauricio Isaacs sobre una línea horizontal.

Santiago de Chile, junio de 2011

RESEÑA



Marco Antonio León Calderón nació en la ciudad de Santiago y sus primeros años de estudios fueron cursados en la escuela San José y Colegio Santa Juliana ambos ubicados en la comuna de Recoleta. Al pasar a tercero básico, gracias a un enorme esfuerzo que realizaron sus padres, entró al colegio Salesiano el Patrocinio de San José, establecimiento que lo albergó y le entregó gran parte de los valores que actualmente posee. Al salir de cuarto no tenía claro lo que le deparaba el destino, optó por la carrera Profesional de Química Ambiental, de la Universidad de Chile. Sin pensar que en ella encontraría a personas que compartieran los mismos intereses e ideales que él.

Siempre asumió ser una persona de esfuerzo y perseverancia, por este motivo cada oportunidad que se le presentaba la tomaba y no la dejaba pasar, fue así que en cuarto año para completar su Licenciatura en Ciencias Ambientales con mención en Química, realiza su unidad de investigación en el Centro Nacional del Medio Ambiente (CENMA), con la profesora Isel Cortes Nodarse desarrollando el tema “Aseguramiento de la calidad en un laboratorio de análisis de agua. Caso estudio Determinación de cianuro en agua potable”, Hecho que sin duda significó la adquisición de una gran experiencia pues pudo compartir con Químicos Ambientales ya egresados y otros profesionales de distintas aéreas, permitiéndole absorber conocimientos y vivencias de

personas con diversos puntos de vista que le ayudaron a ampliar su criterio como Químico Ambiental, pues pudo ver el mundo laboral desde otra perspectiva, fuera de la facultad, fuera de ese pequeño mundo que lo albergó durante tantos años de estudio.

Ese mismo año se animó para desarrollar labores de ayudantía, fue así que trabajo como ayudante de laboratorio en el curso de Química de Aguas, a cargo de la profesora Isel Cortes Nodarse, cuyas funciones destinadas a servir de apoyo y colaboración en todo lo relativo al proceso de enseñanza- aprendizaje vinculado a las actividades del laboratorio, le permitieron aprender experimentalmente en la preparación de reactivos, el uso de equipos en terreno y por sobre todo el servir como guía a los alumnos sobre las actividades de clase.

Ya en quinto año terminando sus estudios le ofrecen participar en el proyecto "Evaluación de la Toxicidad de Pilas comercializadas en el país y su impacto en lixiviados de rellenos sanitarios". Proyecto que se enmarca dentro del programa del Convenio de Colaboración CENMA-MMA (Ex CONAMA). Y donde llega a participar en una parte del proyecto desarrolla el tema de este Seminario de Título.

PD: Siempre con el afán de compartir la información y el conocimiento. Cualquier duda o consulta contactar mediante e-mail a León.marco@ug.uchile.cl



Dedicatoria

*...A mi madre cuya fe en mi
me ayudo a tener fe
en mi mismo...*



Agradecimientos

Quiero expresar mi más profundo y sincero agradecimiento

A mi madre que me inculcó desde muy pequeño algo que me ha ido acompañando siempre; la perseverancia y el esfuerzo son el camino para lograr objetivos, debemos luchar por lo que queremos y esforzarnos para hacer realidad nuestros sueños. Por ello te agradezco, por tu constante sacrificio y dedicación pues sin ti jamás podría haber conseguido todos estos logros. Muchas gracias por todo.

A mi Directora de Tesis, Dra. Isel Cortes Nadarse por permitirme desarrollar mi tema y por su generosidad al brindarme la oportunidad de recurrir a su capacidad y experiencia científica en un marco de confianza, afecto y amistad, fundamentales para la concreción de este trabajo.

Al Centro Nacional del Medio Ambiente (CENMA) específicamente a todo el equipo humano que trabaja o trabajó en el LABORATORIO DE QUÍMICA AMBIENTAL (LQA), como Valeria Muñoz, Jorge Muñoz y Manuel Leiva por su permanente disposición y desinteresada ayuda; a Don Julio Acuña, Anahí Torres y Marcela Arancibia por su generosidad científica y valiosas críticas al discutir los resultados de este trabajo, y especialmente a Daniel Rebolledo y Carolina Parada por su comprensión y constante estímulo, y por sus valiosas sugerencias y acertados aportes durante el desarrollo de este trabajo.

A todo el cuerpo académico de la Facultad de Ciencias por entregarme las herramientas necesarias para mi formación, y la Facultad por ser mi segundo hogar y por albergarme durante toda mi vida estudiantil.

Al personal de la Biblioteca de la facultad de ciencias de la universidad de Chile por su apoyo en la búsqueda de información, en especial a Ana Valdés Z. por su amistad e incondicional colaboración.

A mis compañeros de universidad por su continuo y afectuoso aliento. Y por último, a mis amigas de estudio por acompañarme en todos los momentos importantes; pues si no fuera por ellas mi sueño no lo habría cumplido.



Gracias a todos

INDICE DE CONTENIDO

Contenido	Página
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Aspectos generales.....	1
1.2 Objetivos.....	3
1.2.1 Objetivo General.....	3
1.2.2 Objetivos Específicos	3
II. MARCO TEÓRICO.....	4
2.1 ¿Qué es una pila?.....	4
2.2 Batería.....	5
2.3 Química y funcionamiento de una pila.	6
2.4 Tipos de pilas.....	7
2.4.1 Primarias o desechables / Secundarias o recargables.....	7
2.4.2 Según sus componentes principales.....	8
2.4.3 Según su electrolito	11
2.4.4 Según sus tamaños y formas	11
2.4.5 Según su procedencia.....	12
2.5 Efecto de los metales pesados en el medio ambiente y la salud humana.	13
2.6 Residuos peligrosos domiciliarios.....	17
2.6.1 Definición y clasificación de residuos.....	17
2.6.2 Identificación y Clasificación de residuos peligrosos.....	19
2.6.2.1 Características de peligrosidad.....	19
2.6.2.2 Listado de categorías.....	21
2.6.3 Reglamento Sanitario sobre el Manejo de Residuos Peligrosos. Alcance y fundamentación.	25
2.6.4 Peligrosidad de pilas como residuos según DS 148/2003	27

2.7	TCLP-Método EPA: Fundamentación, alcance e interpretación.	30
2.7.1	Evaluación de toxicidad mediante ensayos de lixiviación	30
2.7.1.1	Test de toxicidad por lixiviación (TCLP)	31
2.7.1.2	Test de lixiviación por precipitación sintética (SPLP)	33
2.7.2	Supuestos y limitaciones en los que se basa el TCLP	33
2.7.3	Diferencia entre concentración total y lixiviable.	35
III.	MATERIALES Y MÉTODOS	37
3.1	Muestreo y Toma de Muestras	39
3.1.1	Toma de Muestras	40
3.1.1.1	Pilas Nuevas	40
3.1.1.2	Pilas usadas	40
3.2	Parte experimental	40
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	42
4.1	Cantidades, tipos y marcas de pilas que ingresan al país	42
4.2	Gestión, manejo y tratamiento de pilas como residuo	46
4.2.1	Experiencia Nacional	46
4.2.1.1	Situación actual	46
4.2.1.2	Programas de recolección y reciclaje	47
4.2.1.3	Tratamiento efectuado a las pilas	50
4.2.2	Experiencia a nivel internacional	52
4.2.2.1	Situación actual	52
4.2.2.2	Programas de recolección y reciclaje	55
4.2.2.3	Alternativas tecnológicas disponibles para el tratamiento y/o disposición final de residuos de pilas y baterías portátiles	60
4.3	Efectividad del test de lixiviación para caracterización de residuos de pilas en desuso	64
4.3.1	Puntos críticos en la metodología TCLP para evaluar la peligrosidad de un residuo	64
4.4	Identificación de las muestras	67

4.5	Evaluación preliminar de muestras de pilas alcalinas Duracell AA.....	68
4.5.1	Influencia del tamaño de partícula	68
4.5.1.1	Pérdidas de masa tratamiento	68
4.5.1.2	Metales reglamentados en el TCLP	69
4.5.1.3	Otros metales analizados.....	71
4.5.2	Influencia del tiempo de extracción.....	72
4.5.2.1	Pérdidas de masa por tratamiento.....	72
4.5.2.2	Metales reglamentados en el TCLP	74
4.5.2.3	Otros metales analizados.....	77
4.5.3	Análisis de la composición de las muestras.....	80
4.5.3.1	Pérdidas de masa por tratamiento.....	80
4.5.3.2	Metales reglamentados en el TCLP	81
4.5.3.3	Contenido total de metales pesados	82
4.6	Evaluación de la peligrosidad de pilas comercializadas en el país.....	83
4.6.1	Tratamiento dado a las pilas	83
4.6.2	Determinación de la toxicidad por lixiviación	84
4.6.2.1	Metales reglamentados en el TCLP	84
4.6.2.2	Otros metales analizados.....	85
4.6.3	Contenido total de metales pesados.....	86
4.6.3.1	Metales reglamentados en el TCLP	86
4.6.3.2	Otros metales analizados.....	88
4.7	El peligro potencial de las pilas desde el punto de vista ambiental.....	90
4.8	Alternativas de gestión de residuos de pilas.....	94
V.	DISCUSIÓN GENERAL	96
VI.	CONCLUSIONES.....	103
VII.	REFERENCIAS	108
VIII.	ANEXOS.....	119
	ANEXO 1. Diagrama DS 148/2003.	120

ANEXO 2. Resumen del DS 148/2003 del MINSAL.....	121
ANEXO 3. Campaña de recolección de pilas realizado por la ilustre Municipalidad de Santiago.	123
ANEXO 4. Información entregada al consumidor respecto de la peligrosidad de pilas.....	124
ANEXO 5. Datos muestras analizadas.	125
ANEXO 6. Metales normados por el DS 148 encontrados en las pilas.	128
ANEXO 7. Estructura interna y formulas de reacción química de las pilas analizadas.....	129
Anexo 8. Pilas nuevas v/s pilas usadas.....	132
Anexo 9. Análisis legislativo y normativo aplicable a la disposición de residuos en Chile.....	134
9.1 Normativas nacionales	134
9.2 Normativa internacional.....	138
Anexo 10. Metodologías y técnicas de análisis empleadas.....	140
10.1. Digestión acida de sedimentos lodos y suelos (Método 3050B).....	140
10.2 Metodología de análisis TCLP.....	141
10.3 Determinación de metales con Plasma Inductivamente Acoplado (ICP-OES).....	136

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación, composición y características principales de las pilas.	9
Tabla 2. Formas y Tamaños de pilas más comunes (New Technology Battery Guide).	12
Tabla 3. Principales metales pesados de interés (Solano A. 2005).....	14
Tabla 4. Efectos de los metales pesados sobre la salud y el medio ambiente, presentes en las pilas estudiadas.(ASTDR; Lenntech; Cardoso & Rivero (2007).).....	15
Tabla 5. Criterios de Evaluación de los Residuos.	18
Tabla 6. Características de peligrosidad de los residuos peligrosos según DS N°148/03.	20
Tabla 7. Listado de categorías según DS 148/03 para la clasificación de un residuo. 22	
Tabla 8. Componentes de las pilas que se encuentran presentes en los listados de categorías para la clasificación de residuos peligrosos según D.S. 148/2003.	28
Tabla 9. Concentraciones Máximas Permisibles (CMP), según DS 148/2003.....	29
Tabla 10. Métodos de ensayo para la caracterización de residuos que aplica la norma chilena.	31
Tabla 11. Estimación del consumo anual de pilas.	44
Tabla 12. Países de procedencia de las importaciones para el período 2000-2010* . 45	
Tabla 13. Aspectos que dificultan el reciclaje de pilas en Chile.....	51
Tabla 14. Normativa y directrices internacionales referentes a pilas y baterías.....	53
Tabla 15. Procesos de reciclado según las fuentes de la EPBA (Gómez M. y col. 2010).	56
Tabla 16. Principales Empresas recicladoras de pilas y baterías.	57
Tabla 17. Cantidades de baterías recicladas por los miembros de la EBRA en el período 2000-2008 en toneladas (Gómez M. y col. 2010).	58
Tabla 18. Cantidades de baterías recicladas en toneladas por los miembros de la EBRA en 2007, en función del tipo de batería y el país de origen (Gómez M. y col. 2010).	59
Tabla 19. Ventajas y desventajas de los distintos tratamientos de pilas existentes (Gómez M. y col. 2010).	63
Tabla 20. Condiciones experimentales óptimas para el análisis de TCLP.	64

Tabla 21. Información encontrada en el rotulado de las etiquetas de cada una de las pilas analizadas ¹	67
Tabla 22. Determinación de la característica de toxicidad por lixiviación (TCLP) a muestras de pilas Alcalinas usadas marca Duracell AA. Metales del TCLP, reglamentados en el D.S. 148/2003.....	70
Tabla 23. Barrido de Metales por ICP/OES.....	71
Tabla 24. Determinación de metales totales a pilas alcalinas marca Duracell AA. Metales del TCLP, reglamentados en el D.S. 148/2003.....	81
Tabla 25. Etapas generales para el desensamble y trituración de pilas analizadas. ...	83
Tabla 26. Toxicidad por Lixiviación de pilas alcalinas usadas.	84
Tabla 27. Otros metales analizados por ICP/OES.	85
Tabla 28. Determinación de metales totales a pilas Alcalinas de diferentes marcas. Metales del TCLP, reglamentados en el D.S. 148/2003.....	86
Tabla 29. Determinación de metales totales a diferentes pilas comercializadas en el país.....	89
Tabla 30: Resumen del Reglamento sobre Manejo Sanitario de Residuos Peligrosos (DS 148/2003 MINSAL).....	121
Tabla 31. Depósitos de pilas en espacios públicos R.M.	123
Tabla 32. Poder contaminante sobre las aguas de los distintos tipos de pilas.	124
Tabla 33 a), b) c), d) y e). Datos de masa , voltaje, lixiviación y contenido total de metales en las pilas utilizadas en los análisis.	125
Tabla 34. Reacciones químicas involucradas en pila zinc carbón.....	129
Tabla 35. Reacciones químicas involucradas en pila Alcalina.....	130
Tabla 36. Estructura interna de las pilas.....	131
Tabla 37. Valores obtenidos en análisis de pila alcalina Duracell AA.	133
Tabla 38. Detalle instrumental ICP OES.....	144

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Esquema de una pila.....	4
Figura 2. Disección de una batería de 9V, revelando seis pilas conectadas en serie...5	5
Figura 3. Forma de clasificar e identificar un residuo peligroso.	19
Figura 4 Esquema del sistema de identificación y clasificación de residuos peligrosos.	23
Figura 5. Esquema sobre procedimiento de test de lixiviación, TCLP.	32
Figura 6. Escenario de mal manejo de residuos peligrosos, para TCLP.	34
Figura 7. Lixiviación vs. Concentración total.	36
Figura 8 a) Diagrama de flujo para determinar el extracto lixivante del análisis TCLP y b) Esquema del método de análisis de toxicidad por lixiviación (TCLP).	41
Figura 9. Cantidad total de Pilas importadas, por Tecnología, durante el período desde el 3 de enero del 2000 hasta el 30 de abril del 2010.	42
Figura 10. Porcentaje de participación en las importaciones por: a) Tecnología*, b) Tamaños y c) Marcas durante el período desde el 3 de enero del 2000 hasta el 30 de abril del 2010.	43
Figura 11. Imagen de las muestras entregadas para ensayos.....	68
Figura 12. Tratamiento y pérdidas de masa de pilas usadas marca Duracell AA.	69
Figura 13. Pérdida de masa de pilas Alcalinas nuevas y usadas marca Duracell AA en tratamiento con corte horizontal bajo diferentes períodos de lixiviación.	73
Figura 14. Barrido de metales para TCLP.....	74
Figura 15. Evolución de la lixiviación a través del tiempo, para muestras de pilas nuevas y usadas.	77
Figura 16. Esquema del la metodología EPA 3050B.....	80
Figura 17 Composición porcentual de metales presentes en la pila alcalina Duracell AA, en estado nueva y usada. Método por ICP/OES para barrido de metales totales.	82
Figura 18. Porcentaje de Cadmio y Plomo presente en las muestras analizadas.	88
Figura 19. Resumen de las características de peligrosidad establecidas en el DS 148/2003.	120
Figura 20. Campana “ahórrate la basura” de la Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA).	124

Figura 21. Niveles de Ar, Ba, Cd, Cr, Pb, Se Ag, Zn y Mn encontrados en el análisis de TCLP.	128
Figura 22. Disección de una pila alcalina marca Duracell AA.	129
Figura 23. a) Aparato de agitación rotatorio, b) Sistema de extracción ZHE para residuos sólidos (Zero Headspace Extractor) y c) Equipo ICP OES Perkin Elmer 3300 XL para lectura de Metales Pesados.	143

RESUMEN

Debido a que nuestro país no cuenta con normativas que regulen la importación comercialización, tratamiento y disposición final de pilas y baterías, y al hecho de no disponer de estudios focalizados sobre la potencial peligrosidad de éstas dispuestas en vertederos y rellenos sanitarios, es de vital importancia determinar su impacto en el medio ambiente para establecer medidas específicas para su importación, recolección, transporte, tratamiento y disposición final, promoviendo gestiones que permitan velar por el cuidado de la salud de la población y el medio ambiente, contribuyendo así al desarrollo sustentable de nuestro país. Por ello, en este proyecto se propone evaluar el grado de peligrosidad en cuanto a toxicidad extrínseca de pilas de diferentes marcas y tipos de pilas, y sus efectos en el medio ambiente, lo que permitirá determinar su impacto sanitario y ambiental. Además se analizará el mercado de pilas existentes en el país y las posibles alternativas de gestión respecto a las pilas como residuo domiciliario.

En relación a los resultados de este estudio se determinó que las pilas Alcalinas y Zinc-Carbón representan la porción más grande del mercado de pilas domesticas en Chile representando el 54,52% y 19,76% del total respectivamente. Respecto al tamaño se observó que pilas doble A (AA) lideran este ranking con 34,52% seguidas de las triple A (AAA) con un 13,48%. En relación a las marcas; Duracell (21,52%), Eveready (9,90%) y Rayovac (9,14%) se han posicionado como líderes en el mercado de importaciones de pilas en nuestro país. Respecto a la peligrosidad de las pilas estudiadas se determinó que ninguna de ellas poseía la característica de peligrosidad; Toxicidad Lixiviación (toxicidad extrínseca), para los siete metales analizados Ar, Ba,

Cd, Cr, Pb, Se, Ag. Sin embargo utilizando normativas internacionales se determinó que 8 de las 10 marcas de pilas analizadas calificarían como residuos peligrosos. En relación a la gestión, actualmente existen escasas campañas de recolección cuyo único fin es enviar las pilas a Hidronor Chile S.A quienes se encargan de disponerlas en un relleno de seguridad previo tratamiento para neutralizar sus constituyentes. Respecto al impacto de pilas, bajo las condiciones del estudio, no hay pruebas concluyentes para asegurar que este tipo de pilas dispuestas en los rellenos sanitarios de la Región Metropolitana estén provocando un perjuicio sobre el medio ambiente. Sin embargo sería considerado una práctica ilegal, por el hecho de ser residuos presuntamente peligrosos debido al contenido metales y productos químicos constituyentes en ellas según lo establece el DS 148/2003. Por ello se recomienda la caracterización total del residuo a través de la evacuación de las 5 restantes características de peligrosidad o en principio, evaluar la presencia de la característica de peligrosidad de corrosividad y toxicidad aguda.

ABSTRACT

Due to our country haven't rules to regulate the import, marketing, treatment and disposal of batteries, and the fact of haven't specific studies about the potential danger of this disposal in dumps or landfills, is very important define its environmental impact to establish specific measures for its import, collect, transport, treatment and disposal, promoting steps that allow to care the population and environment health, contributing in this way to the sustainable development of Chile. Therefore, this project aims review the hazard grade of different brands and types of batteries, and its effects in the environment, which will allow determine its health and environmental impacts. Also will analyze the battery market existent in the country and the possible alternatives of management about the batteries like domestic waste.

In relation to the results, this study determined that the batteries alkaline and zinc – Carbon represents the biggest portion of the Chilean domestic battery, representing the 54.52% and 19.76% of the total, respectively. In terms of size, was observed that double A batteries (AA) leads the ranking with 34.52% followed by triple A batteries (AAA) with 13.48%. In terms of brands, Duracell (21.52%), Eveready (9.90%) and Rayovac (9.14%) have positioned themselves as leaders in the market of importation of batteries in our country. In terms of hazard of the batteries studied were determined that no one of them possessed the characteristic of hazardness; Leaching toxicity (toxicity extrinsic), for all of the seven metals analyzed Ar, Ba, Cd, Cr, Pb, Se, Ag. However, using international standards was determinated that 8 of the 10 brands of the analyzed batteries qualify as hazardous waste. In the terms of management, at present there are a few collect causes whose sole purpose is send the batteries to Hidronor

Chile S.A., who cares about disposal in a secure landfill after treatment to neutralize their constituents. In the terms of impact of the batteries, under the terms of study, there is no concluding proof to guarantee that type of batteries disposed on landfills of the Metropolitan Region are provoking an environmental damage. However it would be considered an illegal practice, because that hazardous waste allegedly due to metal content and constituent chemicals in them, as provided by DS 148/2003. It is therefore recommended total waste characterization through the evacuation of the remaining 5 hazardous characteristics or in principle, to evaluate the presence of the hazardous characteristics of corrosivity and acute toxicity.

I. INTRODUCCIÓN.

1.1. Aspectos generales

Las pilas nos brindan autonomía lo que las hace imprescindibles para la mayoría de los artefactos portátiles y/o de uso personal. Uno de los mayores problemas que existe en nuestro país, en materia de residuos, es el tratamiento y disposición final de pilas y baterías usadas. Actualmente no se cuenta con una normativa específica que permita atacar de fondo el problema. La insuficiente gestión de este tipo de residuos ha llevado durante décadas a su eliminación junto con el resto de los residuos domiciliarios.

Si bien las pilas contienen metales pesados en su composición química, la información existente es poco clara respecto a su peligrosidad una vez que se vuelven residuos. Aún cuando nuestra legislación cuenta con una normativa que regula el manejo de residuos peligrosos desde su generación hasta su eliminación (DS N°148/03 del Ministerio de Salud Pública), éste no las menciona explícitamente como residuo peligroso. Este vacío en la normativa ocasiona que las pilas, una vez finalizada su vida útil, puedan ser descartadas en rellenos sanitarios junto con el resto de los residuos domiciliarios.

Al vacío legal existente en relación a las pilas como residuo, se suma otro vacío respecto a las pilas como producto comercial. En Chile no se fabrican pilas, la totalidad de las que se encuentran en el mercado Chileno corresponden a importaciones. El problema está en que nuestro país no cuenta con normativas estrictas que regulen la importación, comercialización y venta de estos productos; por consiguiente, ingresa toda clase de pilas, algunas de ellas de dudosa procedencia, mala calidad y sin

certificación que las avalen, aumentando el riesgo de contaminación, pues pueden resultar tóxicas y peligrosas. La carencia de normas para el rotulado de pilas, agrava la situación de desinformación que afecta al consumidor, e impide la adopción de decisiones medioambientalmente responsables y económicamente eficientes.

La polémica alrededor de este problema consiste en que no se disponen de estudios focalizados sobre la potencial peligrosidad de pilas dispuestas en vertederos y rellenos sanitarios. La información que llega al consumidor es confusa, pues mientras algunos fabricantes de pilas aseguran que sus productos, como las pilas alcalinas, pueden ser desechadas junto con los residuos domésticos (Duracell Batteries S.A), otros como organizaciones ecologistas y también gubernamentales afirman que una pila común puede contaminar hasta 600.000 litros de agua a través de lixiviado debido a metales pesados que se encuentran dentro de sus componentes (ver Anexo 4: campaña “ahórrate la basura” CONAMA, 2009). Sin embargo, estos últimos no respaldan científicamente la información, ni cómo se obtuvo ese valor. Ésta situación genera incertidumbre en el consumidor, quien es en la actualidad, el único responsable del manejo y disposición de estos productos una vez que finaliza su tiempo de vida útil.

Aun cuando en el año 2001 el Centro Nacional del Medio Ambiente realizó un estudio preliminar sobre la peligrosidad de las pilas que ingresaban a nuestro país, los análisis fueron limitados. No obstante la información generada sirvió como referencia, pues hasta ese momento no se contaba con información del tema en cuestión.

Todo lo anterior hace necesario la ejecución de estudios focalizados que evalúen la potencial peligrosidad de pilas dispuestas en vertederos y rellenos sanitarios, y conocer el impacto real generado en el ambiente, con la finalidad de establecer medidas específicas para su importación, recolección, transporte,

tratamiento y disposición final, promoviendo gestiones que permitan velar por el cuidado de la salud de la población y el medio ambiente, contribuyendo con esto al desarrollo sustentable de nuestro país.

1.2. Objetivos

1.2.1 Objetivo General

Evaluar el grado de peligrosidad en cuanto a toxicidad extrínseca de diferentes marcas y tipos de pilas.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Determinar la cantidad y tipología de las pilas que ingresan al mercado Chileno.
- Discutir la gestión, manejo y tratamiento de pilas como residuos a nivel nacional e internacional.
- Evaluar la efectividad del test de lixiviación para caracterización de residuos de pilas en desuso.
- Evaluar la cantidad de metales totales presentes en las pilas.
- Inferir el impacto sanitario y ambiental de pilas dispuestas en vertederos y rellenos sanitarios.
- Formular alternativas de gestión para la importación, manejo, almacenaje, transporte, reciclaje y disposición final de pilas.

II. MARCO TEÓRICO

2.1 ¿Qué es una pila?

Las celdas voltaicas o galvánicas más conocidas como pilas, son dispositivos que convierten la energía química generada por la reacción de sus componentes, en energía eléctrica. Estos dispositivos, generalmente pequeños, resultan ser una fuente portátil de energía eléctrica muy útil y práctica en estos días. En su forma básica están constituidos por dos placas o barras eléctricas de metales distintos llamados electrodos, sumergidos en una disolución electrolítica (Figura 1).

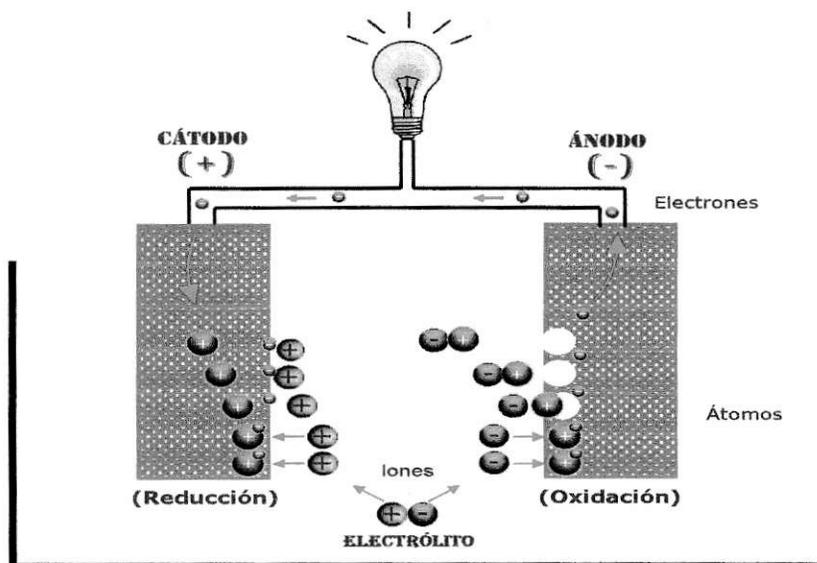


Figura 1. Esquema de una pila.

Cada una de las partes internas esenciales que componen a una pila, se describen a continuación:

1. **Electrodo positivo:** superficie metálica conocida como cátodo (polo o terminal positiva), en donde se originan las reducciones y en el que algunas especies ganan o aceptan electrones.

2. **Electrodo negativo:** superficie metálica conocida como ánodo (polo o terminal negativa), donde se producen las oxidaciones y en el que las especies pierden o entregan electrones.
3. **Electrolito:** compuesto químico que, en estado líquido o en disolución provee el medio para la transferencia de electrones entre los dos electrodos.

Estos tres componentes, hechos de diferentes materiales, están contenidos en un recipiente metálico o de plástico, combinados en una matriz diversa de formas y tamaños. La selección de los materiales usados al igual que el grado, la densidad y la calidad de estos materiales juegan un papel muy importante en la determinación de los niveles de energía y de desempeño de una pila.

2.2 Batería.

Al igual que la pila, la batería es una unidad de almacenamiento de energía electroquímica que se libera en forma de electricidad cuando ésta se conecta a un circuito externo. La principal diferencia radica en que la pila consiste en una sola celda, mientras que las baterías constan de varias celdas interconectadas.

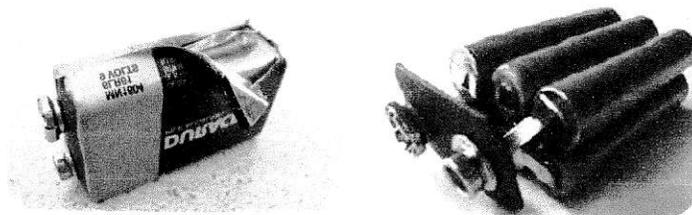


Figura 2. Disección de una batería de 9V, revelando seis pilas conectadas en serie.

En otras palabras, las baterías resultan de la unión de dos o más pilas, dispuestas de tal manera que se logren aumentar las propiedades de una sola y así

obtener una fuente energética de mayor capacidad. Generalmente son pesadas y de mayor tamaño, aunque también las hay de tamaño similar a las pilas normales.

2.3 Química y funcionamiento de una pila.

Las pilas son celdas electroquímicas cuyo funcionamiento se basa en la transformación de la energía química en eléctrica, mediante reacciones espontáneas de óxido-reducción (redox).

Éstas reacciones producidas en los electrodos, generan un flujo continuo de electrones de un polo (el negativo) al otro (el positivo), liberando energía en forma de electricidad.

Esto se debe a que ciertos metales al ser sumergidos en una sustancia electrolítica tienen la tendencia a reaccionar químicamente, perdiendo o ganando electrones, generando así una carga eléctrica. De este modo se producen dos semireacciones: oxidación y reducción (ver Figura 1). En la primera, el material del ánodo comienza a disolverse parcialmente debido al flujo de aniones (iones negativos) provenientes del electrolito; es decir, algunos de los átomos del ánodo son oxidados, pasando a formar parte de la disolución (electrolito) en forma de cationes; los electrones que permanecen en el electrodo anódico permiten que el metal alcance un estado de valencia superior (semirreacción de oxidación) cargándolo negativamente. La segunda semirreacción ocurre en el cátodo, el cual por ser de un material distinto, no se disuelve en el electrolito en la misma medida, pero sí pierde electrones ante el flujo de cationes (iones positivos) provenientes del electrolito. Resultado de la pérdida de electrones, el cátodo comienza a cargarse "positivamente". Ésta descompensación de carga genera un flujo de electrones de un electrodo (ánodo) para compensar la carencia de ellos al otro (cátodo). La ganancia de electrones por parte del cátodo,

reduce al metal a un estado de valencia inferior (semirreacción de reducción). Este intercambio de electrones continuará hasta que el ánodo no pueda liberar electrones y el cátodo no pueda recibirlos.

Ambas reacciones transcurren en las superficies de cada electrodo, separadas entre sí por una solución iónica llamada electrolito, que permite el flujo de iones entre ellos. Para producir la transferencia electrónica, y por tanto la generación de corriente eléctrica es necesario cerrar el circuito entre el ánodo y el cátodo, para ello es preciso conectar los electrodos de la pila mediante conductores eléctricos externos o bien colocar la pila al aparato que se desee hacer funcionar y encenderlo. De ésta manera se genera la corriente eléctrica, la cual circula (por convenio) en sentido contrario al flujo de electrones.

2.4 Tipos de pilas.

Nuestro mercado cuenta con una extensa diversidad de pilas. De allí que es posible encontrarlas en diferentes tamaños, formas, capacidades, aplicaciones y composiciones, no existiendo un "tipo ideal" capaz de satisfacer por igual todos los requerimientos, por cuanto la tecnología apunta a optimizar ciertos parámetros para usos específicos. Es por ello que existen muchas formas de clasificarlas, pero de forma general se identifican en dos tipos principales; primarias y secundarias.

2.4.1 Primarias o desechables / Secundarias o recargables

Con base a la duración de la carga, las pilas pueden ser clasificadas en dos grandes grupos: las pilas primarias o desechables y las secundarias o recargables.

Las *pilas primarias* se basan en una reacción química irreversible, y por lo tanto no pueden ser recargadas (poseen un ciclo de vida), es decir, una vez que convierten

toda la energía química en eléctrica se agotan, limitando su uso a sólo una vez para luego desecharlas. Las pilas de uso doméstico califican en el grupo primario, y se utilizan para energizar aparatos de pequeño tamaño y de tipo portátil, tales como linternas, radios, juguetes, etc.

En cambio, las *pilas secundarias* llevan a cabo una reacción química reversible y, por lo tanto, se pueden recargar (invirtiendo su reacción química), de ésta manera sus elementos activos se regeneran pasando una corriente eléctrica en sentido contrario al de descarga, de ahí que, es posible utilizarlas varias veces. Este grupo de pilas contiene a todas aquellas que se encuentran incluidas en los aparatos eléctricos y electrónicos que son recargados mediante alimentación a la corriente alterna, tales como teléfonos celulares e inalámbricos, computadoras portátiles, rasuradoras eléctricas, etc. Por ser recargables, se desechan proporcionalmente en menor volumen que las primarias. Hay datos que indican que una pila de este tipo puede sustituir hasta 300 desechables, pero su desventaja consiste en que generalmente contienen metales tóxicos como el plomo, cadmio y níquel, y no siempre la tecnología de los aparatos permite usar ambos tipos de baterías, además durante los últimos años los volúmenes de producción de este tipo de pilas han aumentado considerablemente, hechos que ameritan una evaluación desde la perspectiva ambiental.

2.4.2 Según sus componentes principales

Generalmente, para efectos comerciales y técnicos, se les tipifica de acuerdo a sus componentes (Tabla 1). Las pilas primarias se pueden clasificar, en 6 subtipos; pilas de zinc-carbón, alcalinas, de óxido de mercurio, de zinc-aire, de óxido de plata o

de litio. Mientras que las pilas secundarias pueden clasificarse en 5 subtipos; pilas de níquel cadmio, níquel hidruro metálico, ion litio y baterías selladas de plomo ácido.

Tabla 1. Clasificación, composición y características principales de las pilas. (Nema, Amexpilas, A.C.).

Grupo	Tipo de pila	Composición Química (*)		Formato	Características / Usos
		Componentes	% de peso		
Primarias (Desechables)	Zinc-Carbón (Zn/C)	Negro de Acetileno Cloruro de Amonio Dióxido de Manganeso Zinc Cloruro de Zinc Agua Mercurio*	3 - 7 0 - 10 15 - 31 7 - 42 2 - 10 10 - 15 0,5 - 1	AA, AAA, C, D, 9V, 6V, botón (varios tamaños)	Conocidas como pilas Salinas, Secas, Comunes o de tipo Leclanché. Son las de menor precio, sirven para aparatos sencillos y de poco consumo: linternas, radios, juguetes, relojes, control remoto, etc.
	Zinc dióxido de manganeso (Zn/MnO ₂)	Grafito Dióxido de Manganeso Zinc Hidróxido de Potasio Agua Acero Mercurio*	2 - 6 30 - 45 12 - 25 4 - 8 8 - 12 20 - 25 0,5 - 1		Conocidas como pilas Alcalinas. En principio, duran entre tres y diez veces más que las de zinc-carbón, sirven para aparatos de más consumo y uso intenso: walkman, cámaras digitales, juguetes, grabadoras, etc.
	Óxido de Mercurio (Zn/HgO)	Grafito Dióxido de Manganeso Mercurio Óxido de Mercurio Hidróxido de Potasio Hidróxido de Sodio Zinc Acero	1 - 3 0 - 15 0,3 - 1,5 20 - 50 0 - 6 0 - 6 5 - 15 35 - 55	botón (varios tamaños)	Deben manipularse con precaución en los hogares, su ingestión accidental, lo que es factible por su forma y tamaño, puede resultar letal. Sirven para; relojes de pulsera, aparatos auditivos, juguetes, calculadoras, dispositivos electrónicos, etc.
	Zinc-Aire (Zn/O ₂)	Zinc Hidróxido de Potasio Mercurio Acero	31 - 44 3 - 4 1,0 - 1.4 31 - 42		Se las distingue por tener gran cantidad de agujeros diminutos en su superficie. Son de alta capacidad y producen electricidad de forma continua durante su vida operativa. Sirven para aparatos auditivos, marcapasos, equipamiento médico, etc.
	Óxido de Plata (Zn/AgO ₂)	Grafito Dióxido de Manganeso Mercurio Hidróxido de Potasio Óxido de Plata Hidróxido de Sodio Zinc Acero	0 - 3 0 - 20 0,3 - 1,0 0 - 7 10 - 35 0 - 7 6 - 11 38 - 55		Las pilas de este tipo precisan de materias primas muy caras, por ello su precio es elevado. Su uso se limita a aplicaciones que exigen una pila de gran energía y alta capacidad de carga en espacios muy reducidos. Sirven para; relojes de pulsera, juguetes, dispositivos electrónicos, etc.
	Litio (Li/MnO ₂) (Li/FeS ₂)	Carbón Negro Grafito Litio Dióxido de Manganeso Acero Carbón Bisulfato de Hierro Litio Acero	0 - 1 0 - 3 1 - 6 12 - 42 25 - 35 0 - 4 24 - 35 5 - 8 35 - 41	AA, AAA, C, D, 9V, botón (varios tamaños)	Producen tres veces más energía que las pilas alcalinas, considerando tamaños equivalentes, y posee también mayor voltaje inicial (3 voltios). Son de alta capacidad y baja autodescarga. Sirven para celulares, computadoras, relojes de pulsera, cámaras digitales, juguetes, aplicaciones electrónicas, etc.

Secundarias (Recargables)	Níquel Cadmio (Ni-Cd)	Cadmio	13 - 22	AA, AAA, C, D, otros.	Poseen ciclos de vida múltiples, presentando la desventaja de su relativamente baja tensión y sufrimiento del efecto memoria. Pueden ser recargadas hasta 1000 veces y alcanzan a durar decenas de años. Son las pilas recargables de más común uso doméstico. Sirven para calculadoras, cámaras digitales, computadoras portátiles, grabadoras, lámparas, vehículos eléctricos, aparatos médicos, teléfonos celulares, etc.
		Cobalto	0,5 - 2		
		Hidróxido de Litio	0 - 4		
		Níquel	20 - 32		
Hidróxido de potasio		0 - 4			
Hidróxido de Sodio		0 - 4			
Níquel e Hidruro metálico (Ni-MH)		Aluminio	< 2	Presentan mayor capacidad de carga (entre dos y tres veces la de una pila de NiCd del mismo tamaño y peso) y se ven menos afectadas por el llamado efecto memoria. Sirven para calculadoras, cámaras digitales, computadoras portátiles, grabadoras, lámparas, vehículos eléctricos, aparatos médicos, telefonía celular, etc.	
		Cobalto	2,5 - 6,0		
		Hidróxido de Litio	0 - 4		
		Níquel	30 - 50		
		Hidróxido de Potasio	< 7		
		Hidróxido de Sodio	0 - 4		
		Zinc	< 3		
Manganeso	< 3				
Ion-Litio (Li-ion)		Negro de acetileno	0 - 2	Varios tamaños (depende del aparato que la utilice)	Su desarrollo es más reciente, presentan alta capacidad, alta densidad de energía y apenas sufren el efecto memoria. Sirven para calculadoras, cámaras digitales, computadoras portátiles, grabadoras, lámparas, vehículos eléctricos, aparatos médicos, telefonía celular, etc.
		Grafito	7 - 22		
		Litio óxido de cobalto	15 - 30		
Batería Plomo - acido (Pb/PbO₂)		Plomo	36 - 90	Celdas cúbicas (varía según el dispositivo)	Automóviles, vehículos eléctricos, uso industrial, etc.
		Ácido Sulfúrico	6 - 30		
		Antimonio	≤ 2		
		Arsénico	≤ 0,2		

(*) El cuadro no incluyen los componentes que forman parte de la presentación comercial de las pilas (cartón, papel, lámina, adhesivos, plásticos, etc.).

La cantidad de los componentes químicos de las pilas primarias varían dependiendo de las marcas y los tamaños de pilas.

La cantidad de los componentes químicos de las pilas varían dependiendo de las marcas y los tamaños de pilas. El servicio eléctrico que se obtiene de cada pila (duración, potencia y seguridad para los aparatos) depende en forma directa de la cantidad y de la calidad de los materiales que se ocupan en su fabricación.

2.4.3 Según su electrolito

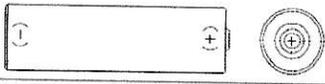
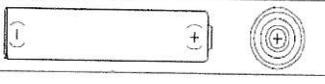
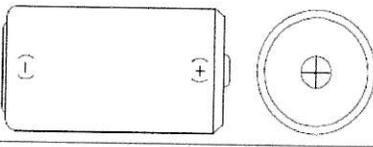
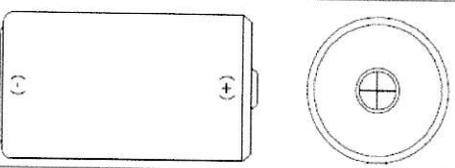
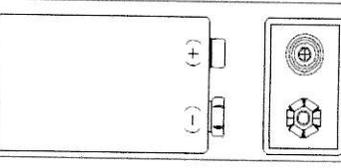
Según este criterio es posible clasificarlas acorde; al número de electrolitos que utilizan (uno o dos); al tipo de electrolito utilizado en su construcción (ácido, medianamente ácido o alcalino), o bien al estado o consistencia de éste (pilas húmedas o secas). Sin embargo, tal distinción entre pilas es exclusivamente de interés histórico y didáctico, no presentando una mayor relevancia para este estudio.

2.4.4 Según sus tamaños y formas

De acuerdo con sus aplicaciones, las pilas son fabricadas en diferentes tamaños o presentaciones comerciales. Los más comunes son siete, que se identifican por una letra y a las cuales corresponde una determinada dimensión y forma (ver Tabla 2). Dentro de las formas, encontramos dos clases; las pilas cilíndricas y las de botón. Las primeras tienen un tamaño mayor que las segundas y se emplean en aparatos de mayor tamaño, como radios, relojes, despertadores, etc. Las pilas botón, en cambio, son bastante más pequeñas y se utilizan para dispositivos más reducidos, como lo son los relojes de pulsera, aparatos auditivos, marcapasos, entre otros.

Si bien, las pilas de 9 Volts y 6 Volts lucen en forma de prisma rectangular o cúbicas, son consideradas como cilíndricas, pues están compuestas en su interior por pilas cilíndricas conectadas en serie.

Tabla 2. Formas y Tamaños de pilas más comunes (New Technology Battery Guide).

Tamaño ^(*)	Dimensiones		Voltaje	Forma
	Alto (mm)	Diámetro (mm)		
AA	50,5	14,5	1,5 V	
AAA	44,5	10,5	1,5 V	
C	50,0	26,5	1,5 V	
D	61,5	34,2	1,5 V	
9 volt	48,5 x 26,5 x 17,5		9 V	
Botón	Varios tamaños		(1,5 - 3 - 6)V	

^(*) Existen otros tamaños estandarizados de pilas (AAAA, N, 6-V; sin embargo, se estima que el 90% de los aparatos portátiles a pilas requieren los tamaños AA, C o D.)

2.4.5 Según su procedencia

Conforme a su fuente de procedencia es posible clasificarlas de dos formas. Por un lado están las de *fuentes confiables* que son las pilas de procedencia conocida, que cuentan con un respaldo de empresas reconocidas por la sociedad y cuyas marcas se encuentran debidamente registradas. Estas pilas, importadas por grandes comercializadoras, como lo son Duracell, Energizer, Panasonic, Sony, entre otras marcas, presentan un certificado de calidad, e identificación de su procedencia, entregando al consumidor un cierto nivel de confianza en el producto adquirido.

Por el otro lado se encuentran las pilas de *fuentes no confiables*, que son las pilas que se venden a muy bajo precio en la calle, pequeños kioscos, transporte público, en mercados de tipo “persas”, etc. Sus marcas son desconocidas y muchas veces confunden a los consumidores pues sus envoltorios tienen nombres, colores y diseños muy similares a las de marcas conocidas. Pero su calidad como producto es muy inferior, ya que duran menos tiempo, están constituidas con materiales de baja calidad, y son poco resistentes a la deformación, siendo fáciles de romper y doblar, lo que genera problemas en los aparatos que las usan y en el ambiente una vez se desechan.

2.5 Efecto de los metales pesados en el medio ambiente y la salud humana.

En la actualidad, el uso de metales pesados se ha incrementado de forma alarmante, lo cual está asociado con el crecimiento de la población y con el modelo de desarrollo tecnológico elegido. Ésta utilización excesiva ha provocado un aumento en la concentración de fondo (cantidades muy pequeñas que no se pueden eliminar) para casi todos estos elementos y ha roto, así, sus ciclos biogeoquímicos naturales.

Hasta la fecha, no se dispone de una definición oficial de metal pesado (MP) que sea universalmente aceptada, ni de un listado de esos elementos, ni de una referencia clara y exacta de las propiedades o caracteres de los MP que provenga de alguna sociedad científica u organismo referente de alto nivel, como podría ser la Unión Internacional de Química Pura y Aplicada (IUPAC, por sus siglas en inglés,) o la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (US-EPA, por sus siglas en inglés), por ejemplo.

Se considera metal pesado aquel elemento que tiene una densidad igual o superior a 5 g/cm³ cuando está en forma elemental, o cuyo número atómico es superior a 20 (excluyendo los metales alcalinos y alcalino-térreos). Su presencia en la corteza terrestre es inferior al 0,1% y casi siempre menor del 0,01%. Junto a estos metales pesados hay otros elementos químicos que aunque son metales ligeros o no metales se suelen englobar con ellos por presentar orígenes y comportamientos asociados; es este el caso del As, B, Ba y Se. (García I. & Dorransoro C. 2011).

Tabla 3. Principales metales pesados de interés (Solano A. 2005).

Muy tóxicos y fácilmente disponibles	Contaminantes prioritarios según la EPA	Metales y no metales que aparecen en concentración superior a la normal por causas antrópicas.
As Pd Zn Tl Co Ag Sn Pb Bi Cd Se Ni Cu Hg Sb	Sb Pb Cr Hg As Hg Cu Tl Ni Zn Cd Se	Ag Pb As Sb Cu Sn Hg Zn Ni

Entre los compuestos tóxicos que contienen las pilas se encuentran: Mercurio (Hg), Cadmio (Cd), Plomo (Pb), Níquel (Ni), Litio (Li), Manganeso (Mn) y el Cinc (Zn), así como ácidos y bases corrosivos, los que son peligrosos para el ser humano y/o el medio ambiente.

A continuación, se ilustra un cuadro descriptivo de acuerdo a una recopilación bibliográfica obtenida de la Agencia de Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades (ATSDR) de los Estados Unidos, Lenntech-Tabla periódica de los elementos y otras fuentes consultadas sobre los metales que pueden contener las pilas y baterías, y los daños a la salud y al ambiente que ocasionan:

Tabla 4. Efectos de los metales pesados sobre la salud y el medio ambiente, presentes en las pilas estudiadas. (ASTDR; Lenntech; Cardoso & Rivero (2007).)

Sustancia	Efectos a la salud humana	Efectos al medio ambiente
Mercurio (Hg)	<ul style="list-style-type: none"> - Daños al sistema nervioso central, a las funciones del cerebro, a los riñones, al ADN y a los cromosomas. - Efectos negativos en la reproducción y el desarrollo, daño en el esperma, defectos de nacimientos y abortos. - Reacciones alérgicas, irritación de la piel, cansancio, y dolor de cabeza. 	<ul style="list-style-type: none"> - Contaminación del agua, del suelo y del aire. - Bioacumulación y biomagnificación. - Disminuye actividad microbiológica de los suelos.
Cadmio (Cd)	<ul style="list-style-type: none"> - Diarreas, dolor de estómago y vómitos severos. - Fractura de huesos. - Fallos en la reproducción y posibilidad de infertilidad. - Daño al sistema nervioso central y al sistema inmune. - Desórdenes psicológicos. - Posible carcinógeno. 	<ul style="list-style-type: none"> - Contaminación del agua, del suelo y del aire. - Es biopersistente y bioacumulable - Puede viajar grandes distancias en el aire en forma de partículas o vapores.
Níquel (Ni)	<ul style="list-style-type: none"> - Cáncer. - Lesiones en el sistema respiratorio. - Disturbios gastrointestinales. - Malformaciones, mutagénico, genotóxico. - Dermatitis. - Alteraciones en el Sistema Inmunológico. 	<ul style="list-style-type: none"> - Es toxico para plantas a niveles bastante menores que para animales y humanos. - No parece acumularse en peces o en otros animales usados como alimentos (no se biomagnifica). - Disminuye el rango de crecimiento de las algas y microorganismos. - Es toxico para los animales en concentraciones entre 50 a 100 mg Kg⁻¹ cuando se encuentra como sal solubles.
Litio (Li)	<ul style="list-style-type: none"> - Disfunciones renales y respiratorias. - Depresión del miocardio, edema pulmonar y estupor profundo. - Disfunciones del Sistema Neurológico. - Daños a la piel y las mucosas. - Malformaciones. - Neurotóxico y tóxico para el riñón. 	<ul style="list-style-type: none"> - Puede lixiviar fácilmente a los mantos acuíferos. - Débilmente dañino en agua. - No supone una gran amenaza para la fauna y la flora, ni en los suelos ni en los medios acuáticos. - En exceso puede ser tóxico para las plantas. - El peso del ganado caprino que ingiere inferiores cantidades de litio resulta aumentar menos rápidamente.

<p>Plomo (Pb)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Anemia. - Disfunción renal. - Dolores abdominales (cólico, espasmo, rigidez). - Encefalopatía (somnolencia, disturbios mentales, convulsión, coma). - Neurosis periférica (parálisis). - Problemas pulmonares. - Malformaciones o anomalías en el feto. - Se acumula en los huesos. 	<ul style="list-style-type: none"> - Se adhiere al suelo. - Se acumula en los cuerpos de los organismos del suelo y acuáticos. - Limita la síntesis clorofílica de las plantas. - Altas concentraciones perjudican el crecimiento de las planta. - Bioacumulable en peces. - En las aguas superficiales provoca perturbaciones en el fitoplancton. - Su acumulación en los animales, puede causar graves efectos en su salud por envenenamiento, e incluso la muerte.
<p>Cobalto (Co)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Lesiones pulmonares en el Sistema Respiratorio. - Disturbios hematológicos. - Posible cancerígeno humano. - Lesiones e irritaciones en la piel. - Disturbios gastrointestinales. - Efectos cardíacos. 	<ul style="list-style-type: none"> - Se mueve sólo bajo condiciones ácidas, donde la mayoría terminará en el suelo y sedimentos - Se acumulará en plantas y en cuerpos de animales que comen esas plantas (no se biomagnifica). - Muy tóxico para los organismos acuáticos, puede provocar a largo plazo efectos negativos en el medio ambiente acuático.
<p>Cromo (Cr)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Cáncer del aparato respiratorio. - Lesiones nasales y perforaciones en el tabique. - Disturbio en el hígado y en los riñones, pudiendo ser letal. - Disturbios gastrointestinales. 	<ul style="list-style-type: none"> - No se acumula en los peces, pero altas concentraciones, pueden dañar las agallas de los peces que nadan cerca del punto de vertido. - En animales puede causar problemas respiratorios, una baja disponibilidad puede dar lugar a contraer las enfermedades, defectos de nacimiento, infertilidad y formación de tumores.
<p>Plata (Ag)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Argiria (Decoloración de la piel y otros tejidos). - Dolores estomacales y disturbios digestivos. - Problemas en el Sistema Respiratorio. - Necrosis de la médula ósea, hígado, riñones y lesiones oculares. 	<ul style="list-style-type: none"> - Presenta baja movilidad en el agua. - Los iones de plata son muy tóxicos para los microorganismos. - Presenta efectos sobre la germinación de plantas. - No hay registro de efectos en mamíferos silvestres.

<p style="text-align: center;">Manganeso (Mn)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Disfunción cerebral y del Sistema Neurológico. - Disfunciones renales, hepáticas y respiratorias. - Malformaciones. 	<ul style="list-style-type: none"> - Es un elemento esencial. Tanto la carencia como la sobreexposición pueden causar efectos adversos. - Puede causar disturbancias en los pulmones, hígado y vasculares, decremento de la presión sanguínea, fallos en el desarrollo de fetos de animales y daños cerebrales. - Posible esterilidad de los suelos. - Concentraciones altas o muy bajas en el suelo pueden causar inflamación de la pared celular, abrasamiento de las hojas y puntos marrones en las hojas. - Pueden causar el desarrollo de tumores en animales.
<p style="text-align: center;">Cinc (Zn)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Alteraciones hematológicas. - Lesiones pulmonares en el Sistema Respiratorio. - Disturbios gastrointestinales. - Lesiones en el páncreas. 	<ul style="list-style-type: none"> - En peces se biomagnifica en la cadena alimentaria. - Puede interrumpir la actividad en los suelos, con influencias negativas en la actividad de microorganismos y lombrices. - Puede también incrementar la acidez de las aguas.

2.6 Residuos peligrosos domiciliarios

2.6.1 Definición y clasificación de residuos

Chile genera anualmente cerca de 125 mil toneladas de residuos peligrosos (Steubing B. 2007). De acuerdo a lo establecido en el Artículo 3 del Reglamento Sanitario sobre el Manejo de Residuos Peligrosos de Chile (D.S. 148 de 2003) se entiende por residuo o desecho a: "Sustancias, elementos u objetos que el generador elimina, se propone eliminar o está obligado a eliminar." Es decir, todo material cuando ya no representa una utilidad o un valor económico para el dueño y sea descartado por éste, será considerado como residuo.

Existen diferentes criterios según los que se pueden clasificar los residuos, a nivel general se les catalogan según: estado, origen, peligrosidad y categoría.

Tabla 5. Criterios de evaluación de los residuos.

ESTADO	Sólido	Dentro de estos tenemos: Sólidos, semisólidos, Sólidos Pastosos, Sólidos Pulvulentos.
	Líquido	Líquidos, mezclas de Líquidos, Líquido con contenido de sólidos.
	Gaseoso	Gases y vapores, gases de combustión, compuestos orgánicos volátiles.
ORIGEN	Municipal	Residuos domiciliarios, comerciales, de aseo de calles y sitios de recreación.
	Industrial	Provenientes del proceso productivo o actividades de construcción, minería, agrícola, etc.
	Hospitalarios	Derivados de Centros de Atención de Salud.
PELIGROSIDAD	No peligroso	Según definiciones dadas en el Reglamento Sobre Manejo Sanitario de Residuos Peligrosos.
	Peligroso	
	Especial	Suelos o materiales resultantes de faenas de movimientos de tierras contaminadas por alguno de los constituyentes listados en la Categoría II del artículo 18 DS N° 148.
	Inerte	No existe definición formal en Chile pero se entienden como residuos que no experimentan transformaciones físicas, químicas o biológicas significativas Ej: escombros y baldosas.
CATEGORIA	Reciclable o reutilizable	Existen posibilidades ciertas de recuperar materiales o productos.
	No reciclable o No reutilizable	No existe factibilidad de recuperar materiales o productos.

Toda generación de residuos debiera acogerse a un sistema de gestión que incluya; su manejo, tratamiento, transporte, disposición final y fiscalización, debiendo prestar especial atención a la gestión de los residuos peligrosos por su capacidad inherente de provocar efectos adversos.

Por ello su identificación debe ser clara, de forma minimizar los riesgos derivados del ingreso de un residuo peligroso a un sistema de gestión diseñado para otro tipo de residuos, como es el caso de los residuos domiciliarios.

2.6.2 Identificación y Clasificación de residuos peligrosos

El Reglamento Sanitario sobre Manejo de Residuos Peligrosos (D.S. N° 148/2003) establece dos alternativas para calificar a un residuo como peligroso. La primera es clasificarlo de acuerdo a los listados de categorías señalados en dicho Reglamento, y la segunda es identificar analíticamente al menos una de cuatro características, establecidas en el Art 11 del DS 148/2003, que hacen a un residuo peligroso, como se describe en la página 23.



Figura 3. Forma de clasificar e identificar un residuo peligroso.

A continuación se describen las dos aproximaciones en la definición de residuo peligroso según D.S. 148/2003.

2.6.2.1 Características de peligrosidad

Según lo dispuesto en el D.S. N° 148/2003 del MINSAL, los residuos peligrosos se definen como "Residuo o mezcla de residuos que presenta riesgo para la salud pública y/o efectos adversos al medio ambiente, ya sea directamente o debido a su manejo actual o previsto, como consecuencia de presentar una o más de una de las características de peligrosidad", éstas son: toxicidad aguda, toxicidad crónica, toxicidad extrínseca, inflamabilidad, reactividad y corrosividad. Dichas características

se especifican en los artículos 12 al 17 del DS 148/03. A continuación se definen en forma general:

- Toxicidad Aguda: Capacidad de una sustancia de ser letal, por ingestión oral, inhalación o absorción cutánea, en bajas dosis en seres humanos.
- Toxicidad Crónica: Es la capacidad de una sustancia de causar efectos tóxicos acumulativos, carcinogénicos, mutagénicos o teratogénicos en el ser humano.
- Toxicidad Extrínseca: También conocida como Toxicidad por Lixiviación, es cuando el lixiviado generado en el proceso de disposición final de residuos es peligroso.
- Inflamabilidad: Capacidad para iniciar la combustión provocada por la elevación local de la temperatura. Este fenómeno se transforma en combustión propiamente tal cuando se alcanza la temperatura de inflamación.
- Reactividad: Potencial de los residuos para reaccionar químicamente liberando en forma violenta energía y/o compuestos nocivos ya sea por descomposición o por combinación con otras sustancias.
- Corrosividad: Proceso de carácter químico causado por determinadas sustancias que desgastan a los sólidos o que puede producir lesiones más o menos graves a los tejidos vivos.

La siguiente Tabla menciona los artículos que relacionan las características de peligrosidad que define el Reglamento Sanitario de Residuos Peligrosos.

Tabla 6. Características de peligrosidad de los residuos peligrosos según DS N°148/03.

Características de peligrosidad DS N°148/03	
Toxicidad aguda	Artículo 12
Toxicidad crónica	Artículo 13
Toxicidad extrínseca	Artículo 14
Inflamabilidad	Artículo 15
Reactividad	Artículo 16
Corrosividad	Artículo 17

Para cada uno de ellas existen ensayos de laboratorios adoptados, los cuales están basados en la normativa de Estados Unidos. Bastará la presencia de una de éstas características en un residuo para que sea calificado como residuo peligroso.

En términos prácticos la toxicidad crónica y toxicidad aguda están más relacionadas con presencia de sustancias químicas en los residuos, por lo que generalmente son evaluadas mediante sistema de listados (clasificación en los listados de categorías) mientras que la toxicidad extrínseca o también llamada toxicidad por lixiviación se refiere más a un efecto, por lo que es evaluada exclusivamente con sistemas analíticos (identificación de características de peligrosidad), específicamente con el test TCLP, que se detalla en el punto 2.7.

2.6.2.2 Listado de categorías

Para facilitar la aplicación del Reglamento se han definido listados de residuos que se catalogan como peligrosos y no peligrosos según ciertas características. Los listados de residuos describen residuos provenientes de procesos específicos, de procesos de rubros industriales específicos, o de sustancias específicas, que la autoridad considera lo suficientemente riesgosa como para merecer una regulación determinada. Las siete (7) listas existentes en el Reglamento Sanitario sobre el Manejo de Residuos Peligrosos se basan en la normativa de Estados Unidos cuyos listados oficiales se encuentran publicados en el Título 40 del Código de Reglamento Federal (CFR, por sus siglas en inglés), Parte 261. A continuación se describen los listados de residuos que ampara la normativa Chilena.

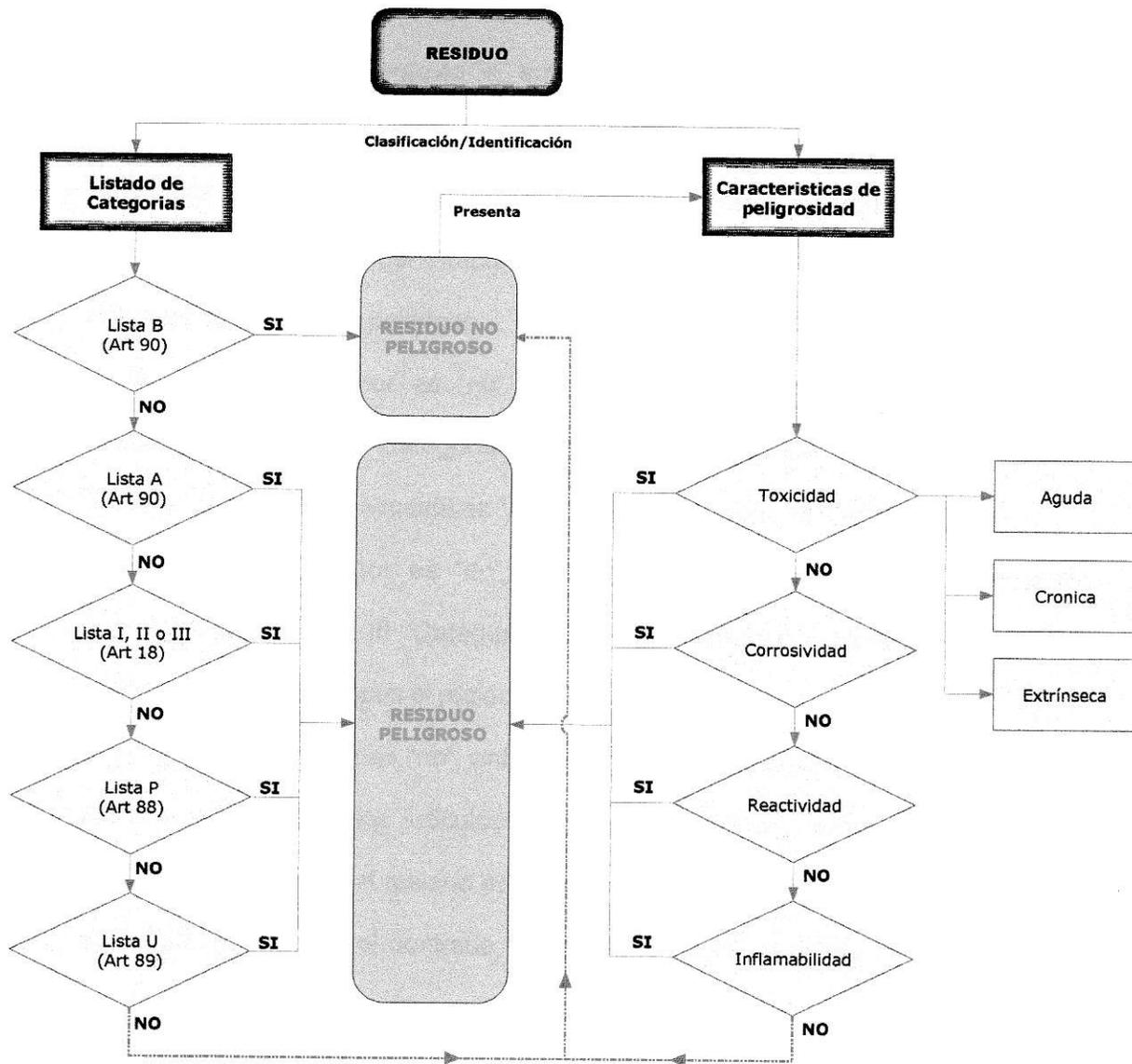
Tabla 7. Listado de categorías según DS 148/03 para la clasificación de un residuo.

Lista	Artículo	Categorías	Peligrosidad	
I	Art 18	Residuos consistentes o resultantes de procesos	Art 18	Se considerarán peligrosos
II		Residuos que tengan como constituyentes		
III		Otros residuos		
A	Art 90	Residuos peligrosos	Art 19	Se considerarán NO peligrosos
B		Residuos no peligrosos		
P	Art 88	Sustancias Tóxicas Agudas	Art 22	Se considerarán peligrosos
U	Art 89	Sustancias Tóxicas Crónicas		

El generador tiene la opción de desclasificar un residuo considerado peligroso según el listado de categorías, a través de análisis de caracterización de peligrosidad, debiendo proponer a la autoridad sanitaria los análisis de caracterización de peligrosidad a realizar sobre la base del conocimiento de sus residuos y de los procesos que los generan, sin perjuicio de lo cual la Autoridad Sanitaria podrá exigir análisis de caracterización adicional a los propuestos. Dichos análisis deberán ser realizados en un laboratorio autorizado por la autoridad sanitaria.

Para identificar residuos peligrosos se deben seguir los pasos señalados en el diagrama de flujo “Procedimiento de clasificación e identificación de residuos peligrosos” basado en la revisión de las listas establecidas en los artículos 18, 88, 89 y 90 del Reglamento Sanitario sobre el Manejo de Residuos Peligrosos, que se señala en la Figura 4 y que se detalla a continuación.

Figura 4 Esquema del sistema de identificación y clasificación de residuos peligrosos.



- a) Ante cualquier residuo, lo primero es verificar si está incluido en la Lista B “Residuos no Peligrosos” del Artículo 90 del Reglamento, si la respuesta es afirmativa, entonces el residuo no es peligroso.

demostrar a través de la realización de los análisis establecidos en los Artículos 12 al 17 que el residuo en cuestión presenta alguna característica de peligrosidad.

De acuerdo a lo señalado en los artículos 18 y 19, un Generador que ha determinado a través del procedimiento de clasificación (sistema de listado), que su residuo es peligroso, puede recurrir a un Laboratorio de Salud Pública reconocido por la Autoridad Sanitaria para caracterizar residuos peligrosos. Si el laboratorio certifica (sistema analítico) que el residuo no presenta ninguna característica de peligrosidad entonces el residuo no es peligroso.

2.6.3 Reglamento Sanitario sobre el Manejo de Residuos Peligrosos. Alcance y fundamentación.

Como ya se ha mencionado, los residuos peligrosos pueden tener impactos importantes tanto en la salud de las personas como en el medio ambiente, lo que hace de la tarea de caracterizar de forma correcta este tipo de residuos una necesidad absoluta. Sin embargo la normativa que abarcara a este tipo de residuos, sobre todo en su identificación y manejo es relativamente reciente (D.S. N° 148 entró en vigencia el 16 de junio de 2005). Durante décadas la inexistente gestión de residuos peligrosos en Chile llevó al depósito y almacenamiento incontrolado de materiales, y a la descarga de sustancias en la red de alcantarillado o cursos de agua superficiales.

Fue así que el 12 de junio de 2003 se creó el Reglamento Sanitario sobre Manejo de Residuos Peligrosos, del Ministerio de Salud, que establece las condiciones sanitarias y de seguridad mínimas a que deberá someterse la generación, tenencia, almacenamiento, transporte, tratamiento, reuso, reciclaje, disposición final y otras formas de eliminación de los residuos peligrosos.

Pasado el proceso de revisión de dicho reglamento, el 16 de junio del 2004 el Ministerio de Salud publicó el Decreto Supremo N° 148/2003 "Reglamento sobre Manejo Sanitario de Residuos Peligrosos" en el Diario Oficial, el cual entró en vigencia un año después, el 16 de junio del 2005. El objetivo del Reglamento es proteger la salud de la población y el medioambiente del inadecuado manejo de éstas sustancias peligrosas. Dicho Reglamento, que se enmarca en la Política Nacional de Gestión Integral de Residuos Sólidos, incorpora un enfoque de gestión integral de los residuos peligrosos, donde se establecen normas para todos los actores involucrados: generadores, transportistas y empresas de eliminación de residuos. Todo ello focalizado por la autoridad sanitaria regional (SEREMIS de Salud). Establece criterios para la clasificación de los residuos como peligrosos, entregando listados que permitirán a las empresas identificar de una manera más simplificada los residuos peligrosos que generan (listado de categorías), así como las características que identifican a un residuo como peligroso (características de peligrosidad)

El Reglamento incentiva a los generadores a establecer estrategias de minimización (evitar, reducir, reusar y/o reciclar) de los residuos peligrosos que generan, debiendo tratar o disponer adecuadamente aquellos residuos que no puedan evitarse o ser redestinados a los procesos productivos. Un aporte fundamental del Reglamento es la obligación de presentar Planes de Manejo de Residuos Peligrosos por parte de los grandes generadores (12 kg/año tóxicos agudos o 12 ton/año de otra característica de peligrosidad), mediante ésta nueva herramienta de gestión deberán determinar los tipos y cantidades de residuos peligrosos que generan, evaluar las opciones para su manejo considerando iniciativas de minimización.

Finalmente, el Reglamento establece un Sistema de Declaración y Seguimiento de Residuos Peligrosos, exigencia que crea las condiciones para controlar el

cumplimiento del principio "de la cuna a la tumba". La idea del sistema es permitir a la Autoridad Sanitaria disponer de información completa, actual y oportuna sobre los residuos peligrosos desde el momento que éstos salen del establecimiento de generación hasta su recepción en una instalación de eliminación.

2.6.4 Peligrosidad de pilas como residuos según DS 148/2003

Si bien es cierto el Reglamento Sanitario sobre manejo de Residuos Peligrosos (D.S. N° 148/2003), no menciona a las pilas propiamente tal, como residuos peligrosos, no así con las baterías que sí las menciona (ver Tabla 8); es posible clasificarlas utilizando el listado de categorías existentes en dicho Reglamento.

En él se establece, según lista A del Art. 19, que los residuos metálicos y residuos que contengan aleaciones de metales como cadmio, plomo y mercurio deben considerarse como peligrosos con excepción de los residuos, que figuren específicamente en la lista B del mismo artículo. A su vez en la lista II del Art. 18 se consideran como peligrosos los residuos que tengan como constituyentes entre otros cinc, ácidos y bases. En ambos casos se mencionan compuestos muy usuales en las pilas. Por lo tanto sería posible considerar a las pilas como residuos peligrosos, a no ser que el generador demuestre, mediante análisis, que la presencia de dichos compuestos se encuentra en concentraciones tales que las pilas no presenten alguna característica de peligrosidad.

La Tabla N° 8 detalla los artículos del listado de categorías definidos por el D.S. 148/2003, que pueden ser utilizados para clasificar a las pilas como residuo peligroso.

Tabla 8. Componentes de las pilas que se encuentran presentes en los listados de categorías para la clasificación de residuos peligrosos según D.S. 148/2003.

Residuo	Peligrosidad	Listado	
Pilas	Se consideran Peligrosos* (Art 19)	Artículo 90	
		Lista A1	Residuos metálicos o que contengan metales
		Ítem A1010	Residuos metálicos y residuos que contengan aleaciones de cualquiera de las siguientes sustancias: - Cadmio. - Plomo. - Mercurio.
		Ítem A1030	Residuos que tengan como constituyentes o contaminantes cualquiera de las Sustancias siguientes: - Mercurio; compuestos de mercurio
	Se consideran peligrosos* (Art 18)	Art 18	
		Lista II	Categorías de residuos que tengan como constituyentes
		Código II.5	Compuestos de zinc
		// II.8	Cadmio, compuestos de cadmio
		// II.11	Mercurio, compuestos de mercurio
		// II.13	Plomo, compuestos de plomo
// II.16		Soluciones ácidas o ácidos en forma sólida	
// II.17	Soluciones básicas o bases en forma sólida		
Baterías Plomo ácido	Se consideran Peligrosos* (Art 19)	Artículo 90	
		Lista A1	Residuos metálicos o que contengan metales
		Ítem A1020	Residuos que tengan como constituyentes o contaminantes, excluidos los residuos metálicos en forma masiva, cualquiera de las siguientes sustancias: - Plomo; compuestos de plomo (excluidos los residuos metálicos en forma masiva)
		Ítem A1160	Baterías de plomo desechadas, enteras o trituradas.
		Ítem A1170	Baterías desechadas sin seleccionar que contengan constituyentes de la Lista II del artículo 18 en concentraciones tales que hagan que el residuo presente alguna característica de peligrosidad, excluidas las baterías que se ajusten a una especificación, con exclusión de los fabricados con plomo, cadmio o mercurio.
		Lista A4	Residuos que pueden contener constituyentes inorgánicos u Orgánicos
	Ítem A4090	Residuos de soluciones ácidas o básicas, "distintas" a las soluciones con un pH superior a 2 ó inferior a 11,5, que no muestren otras características corrosivas o peligrosas	
	Se consideran peligrosos* (Art 18)	Art 18	
		Lista II	Categorías de residuos que tengan como constituyentes
		Código II.13	Plomo, compuestos de plomo
// II.16	Soluciones ácidas o ácidos en forma sólida		

* El generador podrá demostrar ante la Autoridad Sanitaria que su residuo no es peligroso si es que mediante análisis demuestra que dicho residuo no presenta ninguna característica de peligrosidad.

Con respecto a la eliminación de las pilas y baterías en desuso, si ésta se realiza a través de su disposición final en el suelo se considerará que el respectivo residuo tendrá la característica de "toxicidad extrínseca", es decir será considerado como peligrosos, si el Test de Toxicidad por Lixiviación (TCLP) arroje, para cualquiera de las sustancias mencionadas en la Tabla 9 concentraciones superiores a las máximas permisibles (CMP).

Tabla 9. Concentraciones Máximas Permisibles (CMP), según DS 148/2003.

Sustancia	CMP (mg/L)	CMP *20 (mg/Kg)
Arsénico	5	100
Cromo	5	100
Mercurio	0,2	20
Plomo	5	100
Selenio	1	20
Bario	100	1000
Cadmio	1	20
Plata	5	100

Sin embargo es posible demostrar mediante el análisis de la composición de un residuo, hecho por un laboratorio autorizado por la autoridad sanitaria, que éstos no son tóxicos extrínsecos con respecto de su disposición final en el suelo, si la concentración de las sustancias a que se refiere el artículo 14, expresada en miligramos de sustancias por kilogramo de residuo, es inferior a la concentración máxima permitida (CMP), multiplicada por 20.

Es preciso señalar que estos últimos valores son de exclusivo uso por parte del generador del residuo, no así por la autoridad sanitaria para demostrar que el residuo es peligroso, pues para tal caso sólo se utiliza el test TCLP (ver punto 2.7.1).

2.7 TCLP-Método EPA: Fundamentación, alcance e interpretación.

2.7.1 Evaluación de toxicidad mediante ensayos de lixiviación

El problema con muchos residuos, es que, contienen componentes inertes y además, sustancias peligrosas desde el punto de vista medioambiental. Cuando existe una inadecuada disposición de estos residuos, tanto la lluvia como las aguas superficiales pueden favorecer procesos de lixiviación, contaminando de ésta forma las aguas subterráneas.

La lixiviación es un proceso por el cual se extrae uno o varios componentes de un sólido por contacto con un disolvente líquido. El líquido producido por el agua que ha percolado o drenado a través de un residuo y que contiene componentes solubles de éste, es llamado lixiviado. Este proceso de disolución y transporte determina que contaminantes orgánicos o inorgánicos, sean liberados al ambiente. Si la concentración de un componente tóxico lixiviado es muy elevada, se produce una amenaza al medio ambiente.

Para estimar los efectos medioambientales de los lixiviados generados, es necesario contar con un ensayo que, en forma rápida y económica, permita evaluar el potencial de peligrosidad de un residuo. Los ensayos de lixiviación constituyen un procedimiento estandarizado de preparación de una muestra mediante el cual se pretende extraer del residuo estudiado (generalmente sólido o pastoso) los constituyentes solubles en agua, cuyo fin principal es proporcionar un extracto homogéneo sobre el que analizar y valorar cuáles, y en qué medida, son las sustancias que presentan mayor capacidad de liberarse del residuo, y por lo tanto presentan probablemente un mayor riesgo para el medio ambiente.

Este ensayo permite una “simulación” del proceso real de interacción entre el residuo y el medio a fin de evaluar la movilidad de los contaminantes contenidos en los residuos dispuestos en el suelo. Existe una variedad de ensayos o “test de lixiviación” que tratan de reproducir en el laboratorio los procesos de lixiviación que se ven enfrentados los residuos, entre los cuales los más conocidos son el Test de toxicidad por lixiviación, TCLP (Toxicity Characteristic Leaching Procedure) y el Test de Lixiviación por Precipitación (lluvias) Sintética, SPLP (Synthetic Precipitation Leaching Procedure) desarrollados a fines de la década del 80 en los Estados Unidos por la US EPA.

2.7.1.1 Test de toxicidad por lixiviación (TCLP)

El TCLP es uno de los dos test de lixiviación aprobados para caracterizar residuos peligrosos bajo la Ley de Conservación y Recuperación de Recursos 8 (Resource Conservation and Recovery Act, RCRA) reconocido por la US-EPA. Además son la única prueba de toxicidad junto con el SPLP que ampara la legislación Chilena para la caracterización de la toxicidad extrínseca.

Tabla 10. Métodos de ensayo para la caracterización de residuos que ampara la norma chilena.

Norma Chilena	Título	Test EPA SW-846
NCh 2754 .Of 2003	Residuos - Procedimiento de lixiviación para determinar movilidad de analitos tóxicos orgánicos e inorgánicos (TCLP)	Método 1311
Nch 2746. Of. 2003	Suelos y residuos - Determinación de movilidad de analitos orgánicos e inorgánicos - Procedimiento de lixiviación por precipitación (lluvia) sintética (SPLP)	Método 1312

Las norma Chilena NCh 2754 es la versión en español del método EPA 1311 "Toxicity Characteristic Leaching Procedure, TCLP" mientras que la norma NCh 2746, está basada en el método EPA 1312 "Synthetic Precipitation Leaching Procedure, SPLP." resultado ser una versión modificada.

El Test de toxicidad por lixiviación (TCLP) es usado para cuantificar la extractabilidad real de los constituyentes tóxicos, ya sean estos metálicos, compuestos orgánicos volátiles – semi volátiles y pesticidas, desde un residuo sólido bajo un número de condiciones analíticas determinadas y cuando están expuestos a ácidos orgánicos. El test simula la lixiviación de los residuos sólidos hasta las aguas subterráneas, en condiciones similares a las encontradas en un relleno sanitario de residuos sólidos municipales, para ello emplea fluidos que simulan ser los ácidos orgánicos (buffer de acetato) que deberían formarse por la descomposición de residuos domésticos en rellenos sanitarios.

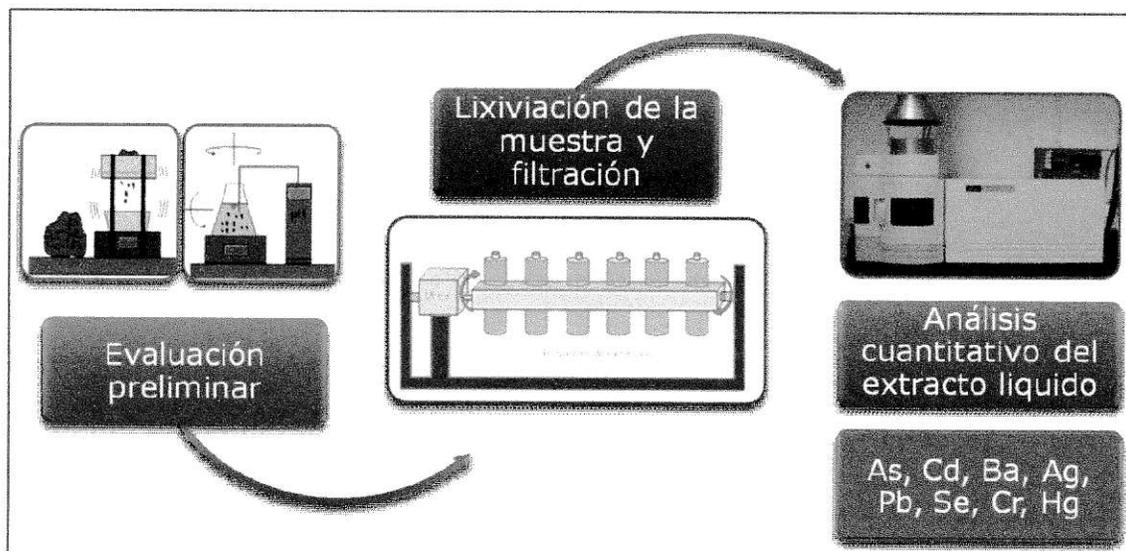


Figura 5. Esquema sobre procedimiento de test de lixiviación, TCLP.

2.7.1.2 Test de lixiviación por precipitación sintética (SPLP).

El Test de Lixiviación por Precipitación (Lluvias) Sintéticas (SPLP, por sus siglas en inglés Synthetic Precipitation Leaching Procedure) se utiliza para la caracterización de la toxicidad extrínseca de los residuos mineros. Simula el efecto de lluvia ácida o nieve (buffer de mezcla de ac. nítrico con ac-sulfúrico) sobre los residuos sólidos dispuestos en tierra y reducidos a un tamaño inferior a 9,5 mm.

Es importante recalcar que este test, SPLP, fue diseñado originalmente para evaluar la calidad de lixiviado en suelos, producto de precipitaciones (por lluvias, rocío o nieve) ácidas sobre un acopio de residuos, con características de mono-disposición, por lo que no se contemplo en su diseño la percolación hasta las napas subterráneas, ni el modelamiento del DAF. Aun así es reconocido por la legislación Chilena para la caracterización de la toxicidad extrínseca de los residuos masivos mineros.

2.7.2 Supuestos y limitaciones en los que se basa el TCLP

La aplicación del Procedimiento de Característica de Toxicidad por Lixiviación (TCLP) está pensado como una herramienta de evaluación para el peor escenario posible en el mal manejo de un residuo. Bajo éstas consideraciones un residuo peligroso podría ser codispuesto en un relleno municipal en el cual bajo condiciones de descomposición pudiese contaminar un acuífero.

Sin embargo, existen varias condiciones ambientales presentes en terreno que no pueden ser reproducidas en laboratorio. Esto se debe fundamentalmente a diferencias temporales entre las dos situaciones de percolación. Por motivos prácticos es necesario condensar varios años de proceso de percolación, bajo condiciones de

terreno, en un período corto de tiempo en un laboratorio, utilizando una alta razón líquido sólido. Ésta contracción temporal impide la reproducción de la cinética de la emisión de contaminantes desde un relleno y necesariamente no considera aquellos factores que son dependientes de variables temporales en terreno, como por ejemplo la actividad microbiana, variaciones de temperatura y posible interacción entre distintos tipos de residuos (co-disposición). Éstas limitaciones que presentan los test de lixiviación, a escala de laboratorio, deben ser tomadas en cuenta en una posterior interpretación de resultados.

En resumen, el test TCLP fue desarrollado asumiendo un conjunto de presunciones para el sitio de disposición y manejos de residuos, las que a continuación se detallan:

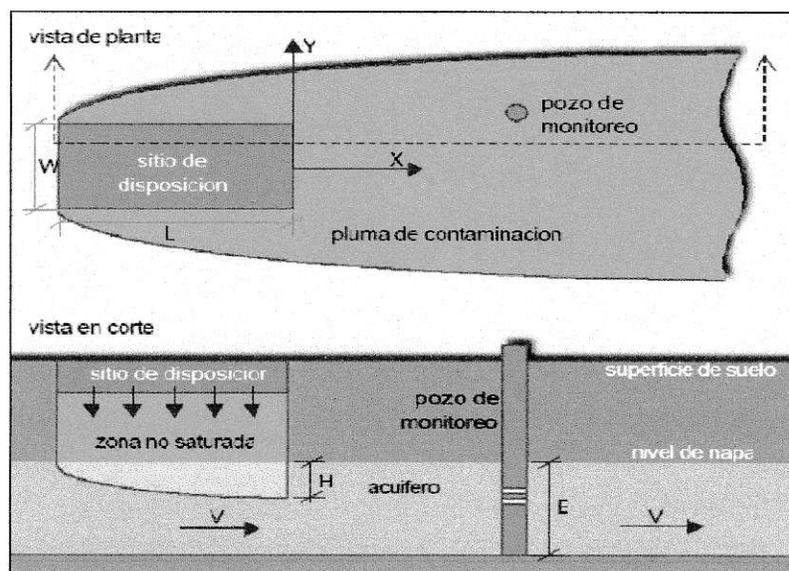


Figura 6. Escenario de mal manejo de residuos peligrosos, para TCLP.

- Mal manejo: disposición de residuos en sitios sin impermeabilización de fondo sobre zona no saturada y acuífero (Figura 6).

- Co-disposición de residuos: disposición conjunta de residuos industriales y domiciliarios en relación de 5% y 95% respectivamente.
- Acción sobre los residuos de ácidos orgánicos generados por la descomposición anaeróbica que se produce en el sitio de co-disposición
- Transporte de contaminantes con un factor de dilución y atenuación (DAF, según siglas en inglés) natural del lixiviado a medida que atraviesa el suelo y llega a fuentes de agua de 100 (DAF=100 de simulaciones por computadora)
- Percolación de lixiviados en régimen estable.
- Explotación de pozo de agua potable ubicados a 500 pies aguas abajo del sitio de disposición del residuo en estudio.
- Comparación de resultados con estándares dados en lista TC (Características de Toxicidad).

Por su diseño, el Test de toxicidad por lixiviación sólo predice emisiones por una sola ruta de contaminación, el agua subterránea. Así pues, no simula la emisión de contaminantes orgánicos volátiles al aire en forma directa o a través del polvo, ni la emisión a través de escorrentías superficiales.

2.7.3 Diferencia entre concentración total y lixiviable.

Antes de continuar es conveniente aclarar la diferencia entre la concentración total que presenta un residuo, y la disponible o potencialmente lixiviable. En general, el contenido total de un contaminante no es lo decisivo sino su capacidad de ser incorporado a las aguas, es decir la lixiviación. Cuando el residuo sólido considerado

entra en contacto con el agua, algunos de sus constituyentes se disolverán parcial o totalmente en ella creándose un extracto o lixiviado.

La cantidad disponible de un elemento para ser lixiviado, bajo condiciones extremas, es una información necesaria para poder predecir las cantidades máximas que se pueden lixiviar a largo plazo. Se habla en este caso del término “disponibilidad”, para indicar la concentración máxima lixiviable de un elemento. Para utilizar este parámetro de una manera correcta, es importante que las condiciones durante una prueba de disponibilidad sean acordes con la situación real.

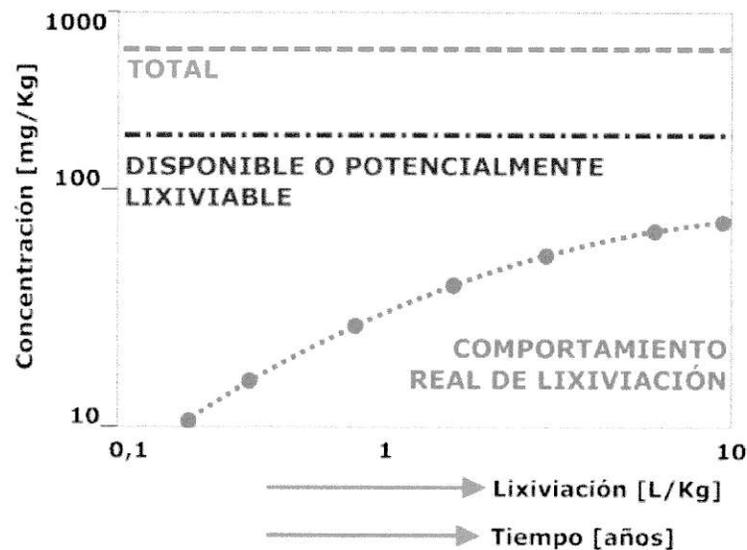


Figura 7. Lixiviación vs. Concentración total.

La Figura 7 ilustra las diferencias entre los conceptos de concentración total de un componente, cantidad potencialmente lixiviable de ese componente, y la evolución de la lixiviación con el tiempo. La concentración total de un componente no tiene una relación directa con el impacto medioambiental. La concentración potencialmente lixiviable de un componente, es lo que se lixiviaría en el peor de los casos, es decir en un caso extremo. La curva denominada comportamiento actual frente a la lixiviación, es función de las condiciones de exposición.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

La metodología y los materiales que se utilizó para el desarrollo de este seminario de título, tendientes a cumplimentar los objetivos específicos descritos, se encuentran detallados a continuación:

La primera fase de la metodología se fundamentó en una revisión y recopilación bibliográfica sobre los aspectos esenciales relacionados con las pilas. Se utilizó información tanto general (información disponible en la red) como específica (libros, revistas, tesis, empresas relacionadas, etc.) ésto con la finalidad de obtener la información básica contenida en el marco teórico del presente seminario de título.

Con respecto a *“Determinación de las cantidades, tipos y marcas de pilas que ingresan al país”* se recurrió el Servicio Nacional de Aduanas. La información de las Pilas que ingresan a nuestro país se clasifica de acuerdo al Sistema Armonizado de designación y codificación de mercancías (SA), según el Sistema Aduanero vigente. Aduana nacional, posee el detalle de las importaciones formales de Pilas, excluyendo a las internadas al país por la Zona Franca y a las que ingresan dentro de Juguetes u otro tipo de artefactos eléctricos con baterías en su interior. La información entregada por el Sistema Aduanero vigente corresponde a las Pilas importadas durante el periodo desde el 3 de enero del 2000 hasta 30 de abril del 2010. El procesamiento y posterior análisis de los datos puede ser resumido en 4 pasos principales:

- | | |
|---|--|
| 1- Recolección de datos. | 3- Presentación gráfica. |
| 2- Ordenamiento, tabulación y clasificación de datos. | 4- Análisis e interpretación de los datos. |

Con relación a la *“Discusión de la gestión, manejo y tratamiento de pilas como residuos a nivel nacional e internacional”* se consultó diferentes fuentes de

información, entre las que destacan: Campañas municipales de recogida de pilas, programas de recolección y reciclaje, estrategias incorporadas por municipalidades para el tratamiento de residuos de pilas. Además se elaboró un catastro conteniendo la información disponible de estudios de mercado, estudios internacionales, estudios nacionales incluyendo tesis universitarias y presentaciones en congresos tendientes a aportar información acerca de las alternativas tecnológicas disponibles en el mercado para el tratamiento y/o disposición final de residuos de pilas y baterías portátiles. Asimismo se procedió a realizar una recopilación de la normativa vigente a nivel nacional e internacional relacionada a las pilas y baterías.

Respecto a la "Evaluación del test de lixiviación para caracterización de residuos de pilas en desuso", se diseñó de un protocolo experimental que permitió evaluar el desempeño de la metodología EPA-1311 aplicada a análisis de pilas. Dando a conocer limitaciones técnicas de la metodología. Se evaluaron 3 puntos críticos: reducción del tamaño de la muestra, fuerza de la solución lixivante, tiempo de lixiviación. Posterior a las evaluaciones se informó las recomendaciones metodológicas para la aplicación de la metodología EPA-1311 para el análisis de pilas.

La quinta fase de la metodología "*Evaluación de la peligrosidad en cuanto a toxicidad extrínseca de diferentes marcas y tipos de pilas y determinación de la cantidad de metales totales en una pila*" se efectuó utilizando los protocolos vigentes por la autoridad sanitaria. A continuación se detalla la obtención de muestras para dichos análisis:

3.1. Muestreo y Toma de Muestras

La determinación del tipo de muestreo es fundamental para el análisis de la peligrosidad de las pilas, debido a que la selección de las muestras para dicho análisis, deben representar lo más fielmente posible la realidad de lo que se comercializa en nuestro país. Este punto del análisis es el pilar del estudio de peligrosidad de las pilas, ya que los resultados obtenidos determinarán si los diferentes tipos de pilas presentan o no dicha característica.

La metodología de muestreo propuesta consta de dos partes. La primera resulta de un muestreo simple de tipo aleatorio, realizado el día 8 de febrero y 27 de abril del 2010, de pilas nuevas tamaño AA de diferentes marcas, adquiridas por la compra de este producto en diversos puntos de la zona céntrica de Santiago y en un supermercado ubicada en la zona periférica al sur de Santiago

Los lugares seleccionados para la toma de muestras de pilas nuevas corresponden a la zona céntrica de la ciudad de Santiago, específicamente en kioscos y almacenes ubicados en el Paseo Ahumada. El supermercado elegido fue el Líder cordillera ubicado en Avenida Los Toros 05441, Puente alto, Santiago, Chile. La elección se basó en estudios realizados por ACNielsen el año 2002 donde expusieron que el lugar preferido por los consumidores Chilenos para comprar sus pilas, resultan ser almacenes y kioscos concentrando el 84% de la demanda, seguida por los supermercados, con aproximadamente un 14% (ACNielsen, 2002).

La segunda parte del muestreo resultó por la obtención de pilas usadas por recopilación personal, teniendo en cuenta que las pilas a analizar se encontraran en buenas condiciones no presentando óxido, rotura, ni deformaciones en las carcasas.

3.1.1 Toma de Muestras

3.1.1.1. Pilas Nuevas

- **Metodología**

Un profesional designado, actuando como un consumidor cualquiera, adquirió 12 pilas alcalinas marca Duracell AA, en blíster de 4 unidades (3 en total) en el supermercado Líder cordillera y 3 pilas sueltas de 6 diferentes marcas (Eveready, Rayovac Alcalina, Rayovac, Bic, Eurosun y Everpower) en diversos kioscos y almacenes ubicados en el Paseo Ahumada. Se procuró al momento de la compra que tanto las pilas sueltas como las envasadas se encontraran sellados y en buenas condiciones de tal modo de garantizar la integridad del producto. Luego bajo protocolo establecido se procedió, a enviarlas al laboratorio de Química y Referencia Medio Ambiental del Centro Nacional del Medio Ambiente, LQRMA-CENMA, para los respectivos análisis.

3.1.1.2. Pilas usadas

- **Metodología**

La metodología seguida se ha basado en la recolección personal de muestras mediante la entrega voluntaria por parte de familiares y conocidos. Seleccionando sólo las que se encuentren en buenas condiciones para los análisis.

3.2. Parte experimental

El procedimiento completo del análisis TCLP efectuado para evaluar la toxicidad extrínseca (por lixiviación) de los residuos de pilas en desuso, se puede describir con el diagrama siguiente (figura 8). Para la caracterización química de las pilas, se utilizó el método de digestión ácida por espectrometría de emisión Óptica de

plasma inductivamente acoplado EPA 3050B (ICP-OES). Para un mayor detalle de los procedimientos ver Anexo 10.

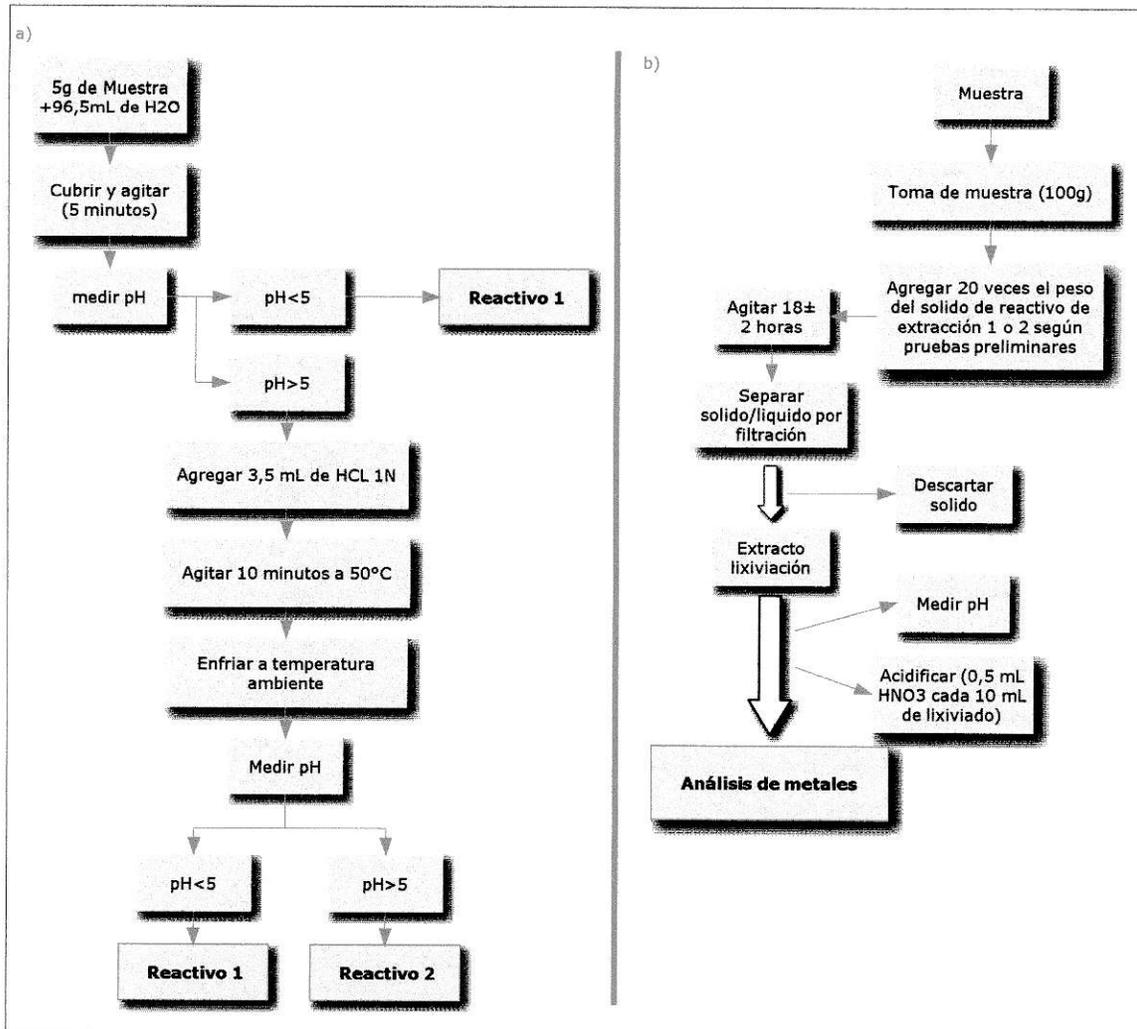


Figura 8 a) Diagrama de flujo para determinar el extracto lixivante del análisis TCLP y b) Esquema del método de análisis de toxicidad por lixiviación (TCLP).

Finalmente en base a los resultados obtenidos en el presente estudio se procedió a inferir “el impacto sanitario y ambiental de pilas dispuestas en vertederos y rellenos sanitarios”, y se esbozaron “alternativas de gestión” para el manejo ambientalmente responsable de las pilas, desde su producción hasta su eliminación.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Cantidades, tipos y marcas de pilas que ingresan al país.

En Chile no existen empresas fabricantes de pilas, la totalidad de éstas existentes en el mercado nacional corresponden sólo a importaciones (ver Tabla 12).

A continuación se presenta una descripción gráfica de las estadísticas de importación nacional de pilas durante el período desde el 3 de enero del 2000 hasta 30 de abril del 2010. Los resultados se obtuvieron conforme al análisis realizado de la información contenida en el Sistema Armonizado de designación y codificación de mercancías según el Sistema Aduanero vigente. Desafortunadamente no se encuentran en ésta estadística las pilas que ingresan al país por la Zona Franca o dentro de Juguetes u otro tipo de artefactos eléctricos, generalmente de procedencia asiática, que han tenido un incremento significativo pero cuyo volumen no puede ser estimado.



Figura 9. Cantidad total de Pilas importadas, por Tecnología, durante el período desde el 3 de enero del 2000 hasta el 30 de abril del 2010.

Realizando un análisis más detallado de la información entregada por el Servicio Nacional de Aduanas pudo establecerse la cantidad total de pilas importadas por tecnología, formato o tamaños y marcas durante el período 2000-2010. A continuación se detallan los porcentajes de participación en las importaciones.

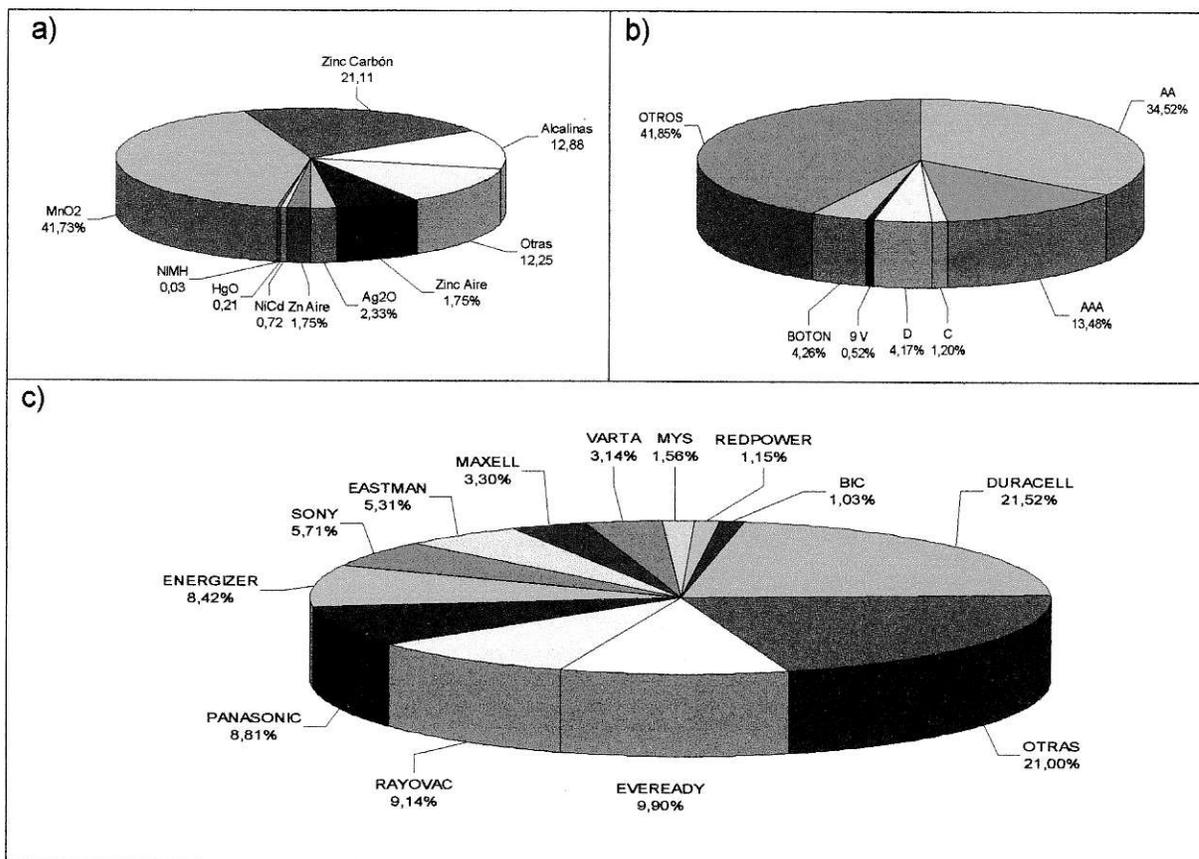


Figura 10. Porcentaje de participación en las importaciones por: a) Tecnología*, b) Tamaños y c) Marcas durante el período desde el 3 de enero del 2000 hasta el 30 de abril del 2010.

Según los datos evidenciados, el ingreso de pilas a Chile por el Servicio Nacional de Aduanas muestra que en estos últimos 10 años la mayor proporción recae en pilas de dióxido de manganeso ($Zn-MnO_2$) con un 54,61%, le siguen las de cinc carbón ($Zn-C$) con un 21,11%, y las denominadas otras (sin clasificación) con un 13,70%. Respecto al tamaño observamos que las pilas doble AA lideran este ranking

con 34,52% seguidas de las triple A (AAA) con un 13,48%, esto sin considerar a las otras pilas cuyo tamaño se encuentra sin especificar y que representa el 41,85% en las importaciones. Finalmente se puede observar que existe sólo una marca que se ha posicionado como líder en el mercado de importaciones de pilas en Chile, éste es Duracell que lidera con un 21,52%, siguiéndola en segundo lugar Eveready con un 9,90% y Rayovac con un 9,14%, en tercer lugar.

En cuanto al consumo doméstico de pilas, existe muy poca información, sin embargo realizando una estimación teórica del consumo potencial de pilas, efectuado sobre la base del antecedente del número de pilas internadas por año, partido por número de habitantes establecido en el censo del año 2002 (15.050.341 habitantes). El cálculo del consumo potencial de pilas, según dichos datos sería el siguiente:

Tabla 11. Estimación del consumo anual de pilas.

Año	Consumo de pilas por habitante
2000	8,79
2001	8,90
2002	8,88
2003	8,10
2004	15,26
2005	10,72
2006	10,63
2007	10,53
2008	14,80
2009	6,30

Según éstas cifras, en el año 2009 ocurrió un decaimiento considerable en el consumo de pilas por habitante, llegando a un valor de 6,30, lo que es bastante poco en comparación al consumo per cápita que poseen otros países como Argentina,

España y Estados Unidos, cuyo promedio aproximado (de los tres) es de 10 pilas por persona (JC Díaz, 2004).

Al respecto de la procedencia de las Pilas importadas a Chile, de acuerdo al análisis realizado de la información contenida en el Sistema Armonizado de Designación y Codificación de mercancías según el Sistema Aduanero vigente, se observa que las Pilas importadas a nuestro país provienen principalmente de la Rep. Popular China, Estados Unidos, Brasil, Indonesia y Singapur, abarcando el 83.03% del total de las importaciones, el detalle de ésta información se presenta en la Tabla 12.

Tabla 12. Países de procedencia de las importaciones para el período 2000-2010*.

Pais de procedencia	Cantidad total importada Millones de unidades	%
Rep. Popular de China	436,903	27,27
Estados Unidos	400,259	24,98
Brasil	215,448	13,45
Indonesia	173,079	10,80
Singapur	104,625	6,53
México	64,453	4,02
Japón	53,021	3,31
Colombia	49,355	3,08
Hong - Kong	32,072	2,00
Corea del sur	16,244	1,01
Taiwan (Formosa)	12,298	0,77
Origen o destino no precisado	11,902	0,74
Costa rica	10,474	0,65
Alemania	4,983	0,31
Polonia	4,204	0,26
Suiza	3,700	0,23
Dinamarca	2,676	0,17
Otros países (47)	6,549	0,41

La legislación Chilena consagra la libre importación (Ley 18840 Art 88), por este motivo es que existen escasas regulaciones a las mismas. Aún cuando ésta norma no aplica cuando se trata de productos que puedan representar un peligro para la seguridad sanitaria y ambiental, así como lo serían las pilas, éstas no figuran como peligrosas en la normativa Chilena (ver 2.6.4), por consiguiente la única obligación legal que poseen las empresas importadoras de pilas en Chile, es informar en su etiquetado, las características y otros antecedentes del producto en cuestión, en idioma castellano y sistema métrico decimal (Ley 19.496 Art 32).

En otras palabras no existe restricción alguna tanto para la importación como para la comercialización y venta de estos productos en el mercado Chileno, que limite el contenido de metales pesados en las pilas. Así, y en contraposición a la tendencia internacional, no se ha limitado el contenido de mercurio y cadmio en las pilas primarias (desechables), ni se ha prohibido la venta de pilas de botón de óxido de mercurio.

4.2 Gestión, manejo y tratamiento de pilas como residuo.

4.2.1 Experiencia Nacional

4.2.1.1 Situación actual

Las pilas en desuso, se encuentran en una discrepancia, aún no resuelta por ninguna normativa en Chile; entre el concepto de residuo domiciliario y el de residuo peligroso como ya se ha mencionado (para más detalle ver punto 1.1 y 2.6.4). Por esta razón que existe una escasa gestión a estas mismas. En los puntos siguientes, se describen algunas de las estrategias que ha implementado el país para la gestión ambientalmente responsable de las pilas.

4.2.1.2 Programas de recolección y reciclaje.

Además de no poseer una norma que prohíba el ingreso de pilas con determinadas concentraciones de metales pesados, tampoco se cuenta con un sistema de manejo especial para estos productos una vez finalizada su vida útil, como lo sería una recolección diferenciada, un reciclaje o una adecuada disposición final. Hoy por hoy, la disposición final de las pilas usadas, se realiza directamente en la basura junto con el resto de los residuos domiciliarios.

Aun cuando han existido varias iniciativas de recogida de pilas, que han ayudado a generar conciencia en la población, difundiendo el problema que ocasionan estos residuos al disponerlos junto con los residuos domiciliarios, éstas no han perdurado en el tiempo. A continuación se mencionan algunas de las experiencias realizadas en Chile en torno a la posibilidad de efectuar una recogida de pilas que permita darles un adecuado tratamiento como residuo peligroso:

Municipio de Santiago: A partir del año 2001 y hasta la fecha, la Municipalidad de Santiago ha implementado programas de recolección de pilas en desuso, mediante la instalación de contenedores ubicados, en estaciones médicas y consultorios, en diversos puntos de la comuna. Estos depósitos son retirados mensualmente por la Dirección de Aseo, para ser llevados a la empresa de reciclaje Hidronor Chile S.A., planta especializada en el tratamiento de este tipo de residuos autorizada por el Servicio de Salud Metropolitano del Ambiente, donde pasan por un tratamiento de inertización y disposición en depósitos de seguridad. (Ver Anexo 3). El programa llegó a contar con 22 depósitos en la capital, pero en la actualidad sólo se encuentran funcionando 19, debido a las implicancias del terremoto

Municipalidad de Talcahuano y Compañía siderúrgica Huachipato: La Dirección del Medio Ambiente de la Municipalidad de Talcahuano lanzó en el año 2009 una campaña de recolección de pilas, instalando 120 contenedores, en distintos lugares de la comuna. La compañía siderúrgica de Huachipato participa cada año en la campaña impulsada por la Municipalidad. Para ello instala contenedores en distintos puntos de la empresa, los que, una vez llenos, son llevados a la Municipalidad que gestiona su correcta disposición. Las pilas recolectadas son enviadas a la empresa Hidronor para su posterior tratamiento.

Municipalidad de Curicó: Instaló una serie de contenedores en la ciudad, para recolectar pilas en cantidad suficiente para llevarlas a Hidronor.

Municipalidad de Viña del Mar: En conmemoración al Día Del Medio Ambiente se inauguró una campaña de recolección de pilas en el año 2004 incorporando a los alumnos de colegios de la comuna. Todas las pilas recolectadas son enviadas a la empresa Hidronor. Actualmente sigue en curso.

Municipalidad de Valdivia: La Municipalidad de Valdivia ha generado una estrategia de recolección y acopio de pilas usadas, colocando 27 contenedores en distintos puntos de la ciudad. Los contenedores fueron donados por la Mutual de Seguridad y la Asociación Chilena de Seguridad, y una vez llenos eran enviados a Hidronor.

Municipalidad de Las Condes y el Hotel Grand Hyatt Santiago: La Municipalidad de Las Condes y el Hotel Grand Hyatt Santiago lanzaron un innovador plan piloto para la disposición final de pilas usadas, colocando contenedores especiales en puntos estratégicos de la comuna.

Municipalidad de Vitacura: La Municipalidad de Vitacura cuenta con un centro de recepción y acopio temporal de residuos sólidos domiciliarios de ámbito doméstico (particulares) llamado "Punto Limpio", el cual cuenta con un dispensador para pilas y baterías pequeñas.

Campus San Joaquín de la Pontificia Universidad Católica: En el existen puntos de recolección, para que los alumnos, funcionarios, profesores y visitantes puedan dejar las pilas en desuso.

Campaña de Chilectra "Ponte las Pilas, trae tus Pilas": Se dispuso contenedores acondicionados para el acopio temporal de las pilas en las oficinas comerciales de Chilectra para que los clientes pudieran depositar sus pilas usadas. Además, se difundió información en las cuentas de energía, en las páginas Chilectra.cl y chispita.cl. Las pilas recolectadas son enviadas a Hidronor para su tratamiento, sin costo alguno para quienes utilizaran este canal. Actualmente sigue en curso.

Campaña de la Red Nacional de Ecoclubes "Con Las Pilas No Se Juega": La Red Nacional de Ecoclubes realizó una campaña denominada "Con las pilas no se juega". El propósito era integrar a organizaciones de la comunidad (junta de vecinos,

grupos juveniles, etc) para disminuir el uso de las pilas y exigir un tratamiento final de las mismas.

4.2.1.3 Tratamiento efectuado a las pilas.

Actualmente Chile cuenta con dos empresas importantes que ofrecen servicios para el tratamiento de residuos peligrosos: Hidronor Chile S.A. y Bravo Energy Chile S.A. ambas ubicadas en la Región Metropolitana. Además de ellas, existen alrededor de cuarenta sitios autorizados por el Ministerio de Salud para el tratamiento final de los residuos. Sin embargo, la única empresa que recibe y realiza un proceso de eliminación de las pilas luego que se vuelven residuos es Hidronor. Ésta empresa cuenta con sistemas de tratamiento, eliminación y disposición final, además de todos los sistemas de monitoreo y laboratorios de análisis, permitiendo asegurar que los riesgos asociados a la disposición final están enfrentados y controlados.

Tal como lo indica el artículo 86 del DS 148/03, existen varias operaciones a realizar cuando no sea posible conducir a la recuperación de recursos, el reciclaje, la regeneración, el reuso u otros usos, de los residuos peligrosos como es el caso de las pilas, ésto debido a la inexistencia de plantas de reciclaje para este tipo de residuos en Chile. De éstas Hidronor emplea sólo dos:

- a) Tratamientos físico químicos para neutralizar los componentes.
- b) Disposición final en Relleno de seguridad.

La primera consiste en someter a los residuos a un proceso de inertización por microencapsulación, que permite eliminar las posibles características de peligrosidad. Este procedimiento se realiza triturando, mezclando y homogenizando los desechos de pilas con compuestos inorgánicos (reactivos aglomerantes y silicatos) de manera

de pasarlos de una fase inestable a una estable, generando una matriz sólida que permite reducir la solubilidad, movilidad y toxicidad de los elementos contaminantes presentes en dichos residuos, para luego introducir la mezcla en tambores de plástico especialmente acondicionados para estos efectos. La segunda etapa consta de llevar el residuo tratado, estabilizado, solidificado y dispuesto en estos tambores a un relleno de seguridad, debidamente habilitado por la autoridad competente, que garantice que en el largo plazo no se van a generar ni reacciones químicas ni físicas que provoquen contaminantes.

La disposición en un relleno de seguridad, habiendo inmovilizado los componentes previamente, es la solución más difundida en Chile y Latinoamérica. El reciclaje no es posible en el país ya que no se dispone de plantas que traten pilas usadas, y la construcción de una planta de este tipo significaría costos demasiado elevados, además, que las cantidades hasta ahora recolectadas no justifican una inversión de este tipo. Esta variante podría ser interesante en un futuro cuando la recolección de pilas se realice en todo el país, contando entonces con mayores cantidades. Sin embargo tendría que evaluarse la necesidad y rentabilidad de construir una planta propia, ya que se encuentra una en Argentina. (para mayor detalle ver Tabla 19)

Tabla 13. Aspectos que dificultan el reciclaje de pilas en Chile.

Consideraciones técnicas	Consideraciones económicas
<ul style="list-style-type: none"> - Ausencia de fundiciones de poli metales. - Falta de una industria del reciclaje de múltiples metales. - Tamaño de país. - Ausencia de una legislación que regule el manejo de las pilas usadas 	<ul style="list-style-type: none"> - Ausencia de una legislación que regule el manejo de las pilas usadas. - Ausencia de materia prima garantizada. - Precio de las materias primas nuevas v/s materias primas recicladas. - Falta de incentivos al reciclaje (ciclos económicos).

4.2.2 Experiencia a nivel internacional

4.2.2.1 Situación actual

La gestión internacional se he enfocado básicamente en tres estrategias a implementar:

- 1) **Normativas que regulan los contenidos máximos o prohíban el uso de sustancias peligrosas.** Los esfuerzos internacionales se han enfocado principalmente en establecer límites al contenido de metales potencialmente tóxicos en las pilas, en particular de mercurio, cadmio y plomo. (ver Tabla 13)
- 2) **Crear conciencia y fomentar la participación ciudadana:** El consumidor debe tomar conciencia del problema y comenzar de a poco a cambiar sus hábitos de consumo. Fomentar el uso de pilas recargables, de bajo contenido de mercurio (catalogadas como “libre de mercurio”), reducir el consumo de pilas y baterías mediante el uso de equipamiento eléctrico conectado a red, evitar arrojar estos residuos a la calle o junto con la basura domiciliaria, no quemar ni arrojar pilas al agua, son sólo algunas medidas que están siendo implementadas.
- 3) **Programa de manejo de pilas y baterías usadas (recolección, tratamiento y disposición final):** Minimizar cualquier impacto adverso sobre el ambiente, que pueda ser originado por la generación, manipulación y disposición final de los residuos de pilas generados, separando las pilas del resto de los residuos domiciliarios.

Tabla 14. Normativa y directrices internacionales referentes a pilas y baterías

País	Normativa o regulaciones	Tipo de pilas	Descripción
Unión Europea (27 países miembros)	Directiva 2006/66/EC Directiva 2008/12/EC Directiva 2008/103/EC	Todos los tipos de pilas y de acumuladores, con excepción de los que se utilizan en los equipos; destinados a proteger a los Estados o a fines militares; de emergencia y de alarma, así como los destinados a ser enviados al espacio.	<ul style="list-style-type: none"> • Prohíbe la comercialización de las pilas y acumuladores que contengan más de 0,002% de Cd o más de 0,0005% de Hg en peso (excepto pilas botón cuya contenido de Hg en peso debe ser inferior al 2%). • Etiquetado visible con los símbolos químicos Hg, Cd y Pb cuando las pilas, acumuladores y pilas botón contengan más de 0,0005 % de mercurio, 0,002 % de cadmio o 0,004 % de plomo • Establece normas en materia de recogida, reciclado, tratamiento y eliminación de las pilas y acumuladores, antes mencionados.
Suiza	Orden: "Regulación de Materiales nocivos para el medio ambiente" jul, 1998.	Pilas y acumuladores de Zn-C y Zn-Mg (excepto las de botón).	<ul style="list-style-type: none"> • Se prohíbe la importación y venta si contienen más de 0,01 y 0,025% en peso de mercurio y cadmio respectivamente para Zn-C y 0,025% de cadmio para Zn-Mg
		Artículos con baterías y/o acumuladores incorporados	<ul style="list-style-type: none"> • Se prohíbe la importación y venta si contiene más del 0,001% en peso de Hg o Cd y más del 0,1% en peso de Pb.
		Pilas y acumuladores	<ul style="list-style-type: none"> • Deben mostrar el detalle de metales pesados de su contenido y el método de eliminación si contienen más de 0,025% en peso de Cd o el 0,4% en peso de Pb o superior a 25 miligramos de mercurio por célula.
EE.UU.	Reglamento de Residuos Universales Código de Regulaciones Federales (40 CFR Part. 273, 1995)	Baterías de níquel-cadmio (Ni-Cd) y baterías pequeñas selladas de plomo y ácido,	<ul style="list-style-type: none"> • Establece que baterías de Ni-Cd y Pb sean manejadas como residuos universales. • Prohíbe su eliminación junto con los residuos sólidos municipales, y se indica que deben ser enviadas a reciclaje. • Establece la disposición adecuada a través del fabricante o distribuidor o la recogida por otros programas.
	LEY N° 104-142 (Ley de la Batería) "Ley federal de control de baterías recargables y baterías que contienen mercurio". (USEPA, 1996).	Pilas y baterías de níquel cadmio (Ni-Cd), pequeñas unidades de plomo ácido (SSLA), baterías secundarias y pilas y baterías con mercurio.	<ul style="list-style-type: none"> • Las pilas y baterías deben ser fácilmente extraíbles del equipo al cual están integradas, para facilitar su recuperación y posterior reciclaje. • Las etiquetas de pilas y baterías deben incluir la composición química, un símbolo con tres flechas persiguiendo ", y una frase que indique al usuario como debe reciclar o desechar las baterías correctamente. • Uniformidad nacional para la recogida, el almacenamiento y el transporte de determinadas pilas y el impulso de programas de educación pública. • Prohíbe o restringe la venta de pilas alcalinas, zinc carbón, pilas de óxido que contengan mercurio.
	Regulaciones Estatales (No hay una política uniforme)	Depende del estado en que se encuentre.	<ul style="list-style-type: none"> • Prohíbe la eliminación a la basura de pilas y baterías Ni-Cd y pequeñas selladas de plomo ácido. Exige su reciclaje y disposición adecuada, por el fabricante, distribuidor o algún programa de reciclaje. • Prohíbe la eliminación de todas las baterías de plomo a la basura, estas deben ser devueltas para su reciclaje a través de minoristas, distribuidores o fabricantes o deben ser enviadas directamente a una fundición de plomo secundario. • Prohíbe la eliminación de todas las baterías recargables. Esto incluye las de Ni-Cd, Ni-MH, Li-Ion, y las pequeñas selladas de plomo ácido (Pb). Los minoristas que vendan pilas recargables están obligados a facilitar la recogida de estas baterías para su reciclado, reutilización o disposición adecuada, sin costo alguno para el consumidor. • Algunos estados utilizan la RBRC (Corporación de Reciclaje de Pilas Recargables) que coordina campañas de educación y promueve el reciclaje de pilas a través del programa Call2Recycle®. Los fabricantes pagan una contribución que les permite utilizar el logotipo de la organización y de esta manera apoyan los costos de la recolección de los desechos de las baterías que venden. • En California todas las pilas desechadas son consideradas residuos peligrosos. Esto incluye todas las pilas de tamaño AAA, AA, C, D, pilas de botón, 9 voltios, y todas las demás baterías, tanto las recargables y como las de un sólo uso. Además la Ley 1125/05 establece que los minoristas deben hacerse cargo de la batería sin costo alguno para el consumidor.
Japón	Ley para Promover la Utilización eficaz de Recursos.	Baterías usadas de Ni-Cd, Ni-H y litio-ion y pequeñas baterías selladas de plomo ácido (SLA).	<ul style="list-style-type: none"> • Establece la recolección y el reciclaje de pilas con ayuda de la asociación de batería del Japón (BAJ). • Estableció un riguroso sistema de etiquetado para las baterías recargables mediante un código de colores y sistema de marcado para facilitar el reciclaje y separación de las pilas.

Argentina	Ley N° 24.051/92 "Ley de Residuos Peligrosos"	No las menciona.	<ul style="list-style-type: none"> • Regula al igual que en Chile la generación, manipulación, transporte, tratamiento y disposición de residuos peligrosos. • Establece que serán considerados peligrosos los residuos: <ul style="list-style-type: none"> Y26 - Cadmio, compuestos de cadmio Y29 - Mercurio, compuestos de mercurio Y31 - Plomo, compuestos de plomo Y34 - Soluciones ácidas o ácidos en forma sólida. Y35 - Soluciones básicas o bases en forma sólida
	Ley N° 26.184/06 "Ley de Fuentes de Energía Eléctrica Portátil"	Pilas y baterías primarias con forma cilíndrica o de prisma, comunes de zinc carbón y alcalinas de manganeso.	<ul style="list-style-type: none"> • Prohíbe en todo el territorio de la Nación la fabricación, ensamblado e importación de pilas y baterías primarias, cuyo contenido de mercurio, cadmio y plomo sea superior al: <ul style="list-style-type: none"> - 0,0005% en peso de mercurio. - 0,015% en peso de cadmio. - 0,200% en peso de plomo. • Asimismo, se prohíbe su comercialización; y establece la certificación de las pilas y baterías reguladas.
Brasil	Resolución CONAMA N° 401/2008	<p>a) Pilas y baterías portátiles, de Zn-Mn, Ni-Cd, óxido de mercurio (tipo botón) que se comercializan en el país.</p> <p>b) Baterías de plomo ácido (baterías automotrices e industriales)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Establece límites máximos de: <ul style="list-style-type: none"> a) 0,0005% en peso de Hg a) 0,002% en peso de Cd a) 0,1% en peso de Pb a) 2,0% en peso de Hg (pilas botón y pequeñas baterías) b) 0,005% en peso Hg b) 0,010% en peso Cd • Y los criterios y normas para su gestión ambientalmente adecuada, y otras medida

Las pilas alcalinas estándares y las de zinc-carbón superan el Test de procedimiento del US EPA's Toxicity Characteristic Leaching (TCLP) y no están consideradas como residuo peligroso en los Estados Unidos. Igualmente no están consideradas como residuos peligrosos o tóxicos por Japón y la Unión Europea. Aunque en ambos casos se sugiere el manejo de una forma particular.

4.2.2.2 Programas de recolección y reciclaje

El reciclaje de las pilas en los países desarrollados se realiza de forma generalizada, incluyendo al sector privado. En Canadá en el año 2004, se reciclaron poco más de 6,5 millones de pilas desechables, que sólo representa el 2% del total de pilas desechadas (INE. Las pilas en México: Un diagnóstico ambiental. 2009). En Europa, los países reciclan menos del 25% (AMEXPILAS. Tan segura que va a la basura), mientras que otros países como Estados Unidos y Japón, han decidido recolectar y reciclar únicamente las pilas que contienen materiales tóxicos y las pilas recargables cuya recuperación representa un beneficio económico.

Respecto a los costos del reciclaje la experiencia ha demostrado que la competencia entre compañías de reciclaje de pilas ayuda a abatir costos. Un ejemplo de ello es Suiza, donde no existe competencia, llegando los costos de reciclaje a \$4100/t en comparado con \$480 en Alemania, en donde existen una fuerte competitividad entre empresas recicladoras.

Actualmente los principales procesos utilizados en Europa para reciclar pilas y baterías una vez finalizada su vida útil se basan en técnicas hidrometalúrgicas y pirometalúrgicas. A continuación se muestran los procesos de reciclado, de modo general, para cada tipo de pilas y baterías, según las fuentes de la Asociación Europea de Baterías Portátiles (EPBA); organización líder que representa los intereses de los principales fabricantes europeos de baterías recargables y portátiles, así como a las industrias que utilicen pilas o acumuladores portátiles en sus productos y los distribuidores de pilas y acumuladores portátiles.

Tabla 15. Procesos de reciclado según las fuentes de la EPBA (Gómez M. y col. 2010).

TIPO DE BATERÍA	PROCESO DE RECICLADO
Pilas alcalinas de manganeso y pilas de Cinc-Carbón	Son viables tanto procesos hidrometalúrgicos como pirometalúrgicos para recuperar el cinc, el acero y el ferro manganeso o material de relleno para su uso en la industria de la construcción.
Baterías de Níquel-Cadmio	Se usan los procesos pirometalúrgicos para recuperar el cadmio de pureza del 99.9 % que es reutilizado para elaborar nuevas pilas de Ni-Cd, así como el ferroníquel.
Baterías de Níquel Metal Hidruro	Procesado para recuperar el níquel, el hierro y otros metales.
Baterías recargables de ión Litio	Procesado para recuperar el cobalto, el hierro y otros metales.
Baterías de Plomo-ácido	El plomo es recuperado para su reutilización en nuevas pilas.
Pilas Botón	Los óxidos de plata usados en relojes son recogidos por joyeros y reciclados para recuperar la plata. Otros tipos pueden ser reciclados para recuperar el mercurio, el cinc y el acero

Cabe destacar que los principales miembros de la EPBA son: Cegasa, Duracell, Energizer, Germanos, GP Batteries, Kodak, Moltech, Panasonic, Renata, Saft y Varta.

Otra asociación europea importante que se relaciona con las pilas y baterías es la European Battery Recycling Association (EBRA) o Asociación Europea del Reciclaje

de Baterías. Esta se encarga de realizar estadísticas anuales sobre la cantidad de pilas y baterías usadas por sus miembros. A continuación, en la Tabla 16, aparece un listado de los miembros de la EBRA y otros mas, donde figuran los tipos de pilas y baterías que tratan, así como el proceso tecnológico utilizado, entre otros datos.

Tabla 16. Principales Empresas recicladoras de pilas y baterías.

Empresas	País	Tipo de pilas y baterías	Tecnología
Accurec GMBH	Alemania	Baterías Ni-Cd, Ni-MH y pilas alcalinas.	Destilación al vacío
Batrec Industrie AG	Suiza	Pilas y baterías primarias y secundarias, incluyendo baterías de Litio y pilas botón.	Pirometalúrgico
Citron	Francia	Pilas primarias de Litio, alcalinas y de Carbono/Zinc. Baterías Zinc/aire.	Pirometalúrgico
Duclos Environnement	Francia	Pilas primarias, incluyendo pilas botón.	Destilación al vacío
Erachem Comilog	Bélgica	Todo tipo de pilas y baterías primarias.	Hidrometalúrgico
Euro Dieuze Industrie	Francia	Pilas y baterías primarias y secundarias.	Hidrometalúrgico
Pilagest S.L	España	Pilas y baterías primarias y secundarias (excepto baterías de plomo), incluyendo pilas botón.	Hidrometalúrgico
SNAM	Francia	Baterías Ni-Cd, Ni-MH, Ión-Litio.	Destilación
INMETCO	EE.UU.	Baterías DE Ni-Cd, Ni-MH, Ion-litio y Zn-C (libre de Hg)	Pirometalúrgico
Japan Recycle Center	Japón	Baterías de Ni-Cd, Ni-MH, Ion-litio y Zn-C (libre de Hg)	/
Mitsui Mining & Smelting			/
Toho Zinc Co., Ltd.			/
Kansai Catalyst			/
IDM S.A.	Argentina	Baterías de celulares (Ni-Cd, Ni-MH) y baterías plomo-ácido	Hidrometalúrgico

Cabe mencionar que sólo en Europa se disponen de 34 plantas de reciclaje de pilas y baterías; 12 de ellas procesan pilas de zinc-carbón, 9 procesan pilas de botón y 13 compañías procesan pilas recargables.

La evolución en el reciclaje de pilas y baterías por los miembros de la EBRA ha quedado debelada por un estudio de esta misma asociación que recogió las cantidades de pilas y baterías recicladas desde el año 2000 hasta 2008, la cual se entrega en la siguiente Tabla 17.

Tabla 17. Cantidades de baterías recicladas por los miembros de la EBRA en el período 2000-2008 en toneladas (Gómez M. y col. 2010).

		Año y N° de miembros de la EBRA								
		2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Tipo de pila y batería usada	Primarias (Zn-C, Alcalinas, Zn-aire)	5.431	7.588	10.722	15.530	20.230	21.797	26.927	26.940	26.553
	Ni-Cd (Portátiles)	4.856*	5.026*	1.909	4.270*	3.519	2.303	2.412	2.688	2.870
	Ni-MH	190	323	229	353	457	647	596	611	904
	Li (Primarias y Secundarias)	78	286	205	295	367	1022	860	764	820
	Pilas botón	13	15	38	55	67	76	70	75	163
	TOTAL Portátiles	10.586	13.238	13.104	20.508	24.640	25.845	30.865	31.079	32.621
	Ni-Cd (industrial)			2.747		3.306	3.194	3.050	4.404	3.641

*cantidades de pilas portátiles e industriales en toneladas.

Se puede ver el crecimiento anual del reciclaje de todos los tipos de pilas y baterías que se han tenido en cuenta excepto en el caso de las pilas portátiles de Ni-Cd que sufren a lo largo de los años una reducción debido a la toxicidad del cadmio, por lo que son sustituidas cada vez más por las de Ni-MH y Litio.

Para finalizar el análisis de los datos aportados por la Asociación Europea del Reciclaje de Baterías, se presenta la Tabla 18 con las cantidades de cada tipo de pilas y baterías recicladas por los miembros de la EBRA en 2007 en los países de la unión europeas (UE), en EEUU, en Suiza y en el resto del mundo (ROW).

Tabla 18. Cantidades de baterías recicladas en toneladas por los miembros de la EBRA en 2007, en función del tipo de batería y el país de origen (Gómez M. y col. 2010).

	Baterías Primarias	Litio Primarias	Ni-Cd Portátiles	Ni-HM	Ion-litio	Pilas botón	Total Baterías Portátiles	Industrial Ni-Cd
Austria	1205		110	16	15		1347	180
Bélgica	1635		163	24	13		1835	161
Chipre					1		1	
Rep. Checa	43				1		44	498
Dinamarca			107	26	19		153	21
Estonia					1		1	
Finlandia			85	7	1		93	43
Francia	8990	143	414	138	74	21	9782	1033
Alemania	7415	94	787	50	107		8454	438
Grecia	329	3	8		1		341	36
Hungría					1		1	
Irlanda	190		3	1	16		210	11
Italia			49	24	9		81	352
Letonia	45				1		45	
Lituania					1		1	
Luxemburgo	13						13	
Malta								
Polonia			13	4	10		27	88
Portugal	379				1		380	
Eslovaquia					1		1	
Eslovenia			3		1		4	36
España	593		50	17	17	14	692	302
Suecia	325		167	86	1	4	583	172
Países bajos	2065	28	324	25	50	21	2513	216
Reino unido	356	32	145	86	40		650	476
Total 27 U.E. (≠ para Bulgaria y Rumania)	23584	300	2430	503	380	60	27258	4068
Suiza	1526	6	110	35	8	15	1700	51
EEUU				1	37		38	32
Resto del mundo (ROW)	1830		148	72	33		2083	253
Total	26940	306	2688	611	458	75	31079	4404

4.2.2.3 Alternativas tecnológicas disponibles para el tratamiento y/o disposición final de residuos de pilas y baterías portátiles

Existen actualmente diferentes alternativas tecnológicas disponibles, que deberían tenerse en cuenta a la hora de definir cuál sería el mejor tratamiento y/o disposición final para los residuos de pilas y baterías, en función de sus características.

- a) **Disposición final, sin ninguna modificación, en relleno sanitario:** actualmente países como Argentina y Brasil permiten que pilas comunes y alcalinas sean desechadas junto con la basura común siempre y cuando cumplan con ciertos parámetros respecto a la cantidad de metales especialmente el mercurio, cadmio y plomo.
- b) **Disposición final en relleno de seguridad:** es la más cercana a las posibilidades actuales en Chile, principalmente debido a la falta de alternativas.
- c) **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 mercurio 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 carcasa 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 tales como el mercurio provenientes de las pilas botón, donde inicialmente las pilas son trituradas a una granulometría adecuada mediante un aparato de trituración, y luego sometidas al tratamiento térmico, permitiendo condensar el mercurio en un recipiente herméticamente cerrado saturado de agua.

- d) **Tecnologías para la inmovilización de los constituyentes peligrosos:** cuando la tecnología para el reciclado de componentes no está disponible o involucra costos muy elevados, se puede 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. La utilización o destino

de los materiales resultantes, según sus propiedades finales, son los problemas que se plantean.

- e) **Uso en la industria metalúrgica:** consiste en aprovechar el alto contenido de metales de las mismas y utilizarlas a forma de “materia prima” (chatarra alternativa) en la producción de acero o de zinc. Sin embargo sólo se pueden usar aquellos tipos de pilas, que no traigan inconveniente para el proceso y el producto final (emisión de gases tóxicos Hg y Cd). . Por lo tanto, este tipo de uso es sólo posible para pilas alcalinas, secas y de aireado de zinc, que no contengan mercurio en la industria del zinc. También las pilas de níquel metal hídrico se pueden usar como “materia prima” en la producción de acero.
- f) **Exportación y tratamiento en el extranjero:** opción para el tratamiento, disposición final y/o reciclado en países que dispongan de tecnologías, no existentes en Chile. Es de aplicación el Convenio de Basilea que regula estrictamente el movimiento transfronterizos de los residuos peligrosos, al mismo tiempo que establece obligaciones que aseguren el control de los mismos, y en especial de su disposición.
- g) **Incineración:** la incineración destruye el material y lo convierte en ceniza inerte. Los constituyentes más volátiles como el cadmio, mercurio y zinc, se incorporan a los gases en forma de partículas finas. La proporción de estos contaminantes descargados al ambiente depende de la eficiencia de operación del equipo y del sistema de tratamiento de gases. El manejo de los residuos de combustión, donde algunos de los metales pueden haberse convertido en compuestos móviles como cloruros, representa un riesgo adicional en este proceso. Por este motivo, este tipo de tecnología implicaría una solución problemática, sujeta a varios condicionantes

difíciles de identificar y controlar (tipo de pila, adecuado sistema de lavado de humos, destino apropiado de las cenizas, etc.).

No existe un tratamiento ideal para un residuo, sino cada método posee sus puntos positivos y también negativos. A continuación en la Tabla 19 se compararán los distintos métodos teniendo en cuenta sus ventajas y desventajas, considerando la situación en Chile.

Tabla 19. Ventajas y desventajas de los distintos tratamientos de pilas existentes (Gómez M. y col. 2010).

Tratamiento	Ventajas	Desventajas
Como chatarra alternativa	No hay que construir planta de tratamiento. Ecológico, reuso de materiales Plantas metalúrgicas en Chile	Es necesaria una separación por tipos de pilas Sólo pilas alcalinas, secas o zinc aireadas que no contengan mercurio o también níquel metal hídrico
Reciclaje de metales	Existentes para todos los sistemas químicos Recuperación de materiales	Es necesaria una separación por tipos de pilas Las ganancias de la venta de los metales recuperados no cubren los gastos del proceso (aunque esos costos hacen por ej. para pilas de Ni/Cd menos del 1 % del precio de venta de pilas) Requiere nivel técnico alto No hay plantas de ese tipo en Chile (en Argentina existe una)
Incineración	Para todos los sistemas químicos No es necesaria la separación de pilas No hay que construir planta de tratamiento	Requiere alto nivel técnico, sobre todo para el tratamiento de emisiones gaseosas Problema de la disposición de filtros y cenizas Desde el punto de vista ecológico no es la mejor solución ya que no se reusan o recuperan materiales No hay plantas que cumplan con los requisitos técnicos
Inmovilización y disposición	Para todos los sistemas químicos No es necesaria la separación de pilas Nivel técnico bajo para la inmovilización	Desde el punto de vista ecológico no es la mejor solución, ya que no se reusan o recuperan materiales Nivel técnico alto para el vertedero de seguridad
Exportación y tratamiento en el extranjero	No hay que construir planta de tratamiento	Transporte (costos, infraestructura) Dificultades legales

4.3 Efectividad del test de lixiviación para caracterización de residuos de pilas en desuso.

Puntos críticos en la metodología TCLP para evaluar la peligrosidad de un residuo.

Tras analizar la metodología "Procedimiento de lixiviación para determinar movilidad de analitos tóxicos inorgánicos (TCLP)", se detectaron algunas etapas claves y puntos críticos, para el caso de análisis de residuos de pilas, que pueden inducir a la variabilidad en los resultados. A continuación se describen cada uno de ellos y las observaciones que corresponden para disminuir el error en el procedimiento analítico.

Tabla 20. Condiciones experimentales óptimas para el análisis de TCLP.

Etapas y puntos críticos	Observaciones
Reducción del tamaño de partícula	Este es sin duda uno de los puntos cruciales en la metodología. El test TCLP no fue diseñado para el análisis de todo tipo de residuos. El método requiere que la muestra presente un tamaño de partícula especial (inferior a 9,5 mm) con la finalidad de aumentar la superficie de contacto del residuo con el extracto lixivante. Por ello es necesario realizar una trituración o molienda de la muestra, situación que se complica para cierta clase de residuos, como lo son las pilas y baterías. El problema con las pilas está en que resultan ser dispositivos complejos, pues su contenido interno, el de mayor interés para este análisis, se encuentra protegido por un blindaje o cubierta metálica que impide su contacto con el medio ambiente. Este blindaje que presentan las pilas genera una complicación a la hora de realizar la reducción del tamaño. Se consultó con el "Taller de Molienda" del

SERNAGEOMIN para una eventual prestación de servicios, sin embargo, argumentaron que sólo trabajaban con rocas y minerales, pues si trataran con otro tipo de material como pilas y baterías, sus molinos resultarían totalmente contaminados, razón por la cual denegaron el servicio. Este último punto es sin duda otro factor que dificulta la trituración; el contenido interno de las pilas resulta ser de consistencia pastosa, al utilizar una sierra o una pinza de corte para el descarte de la carcasa, parte del contenido interno es arrastrado por el instrumento. Esto implica pérdidas de la muestra en el proceso. Por ello, se establecieron varias alternativas para superar ésta adversidad (ver punto 4.5), pero finalmente se logró superar este inconveniente utilizando un dispositivo desbastador (herramienta rotatoria marca Dremel) que logró desmontar el blindaje de las pilas disminuyendo las pérdidas al mínimo. Sin embargo se reitera el hecho, que el análisis TCLP no es admisible para todo tipo de residuos, ejemplo de ello es que a laboratorios autorizados por el Instituto de Salud Pública (ISP) para la caracterización de residuos peligrosos, como es el caso de CENMA, han llegado para su análisis desde mangueras de incendio, hasta discos de corte y desbaste. Esto es sin duda un ejemplo claro del vacío existente en torno al tipo de residuo que puede ser analizado bajo la metodología TCLP.

Solución lixivante	<p>Hay que recordar que el análisis TCLP es la copia de la metodología EPA 1311, lo que significa que las condiciones en las que fue establecida la presente son inalterables. Los resultados dependen de cómo se lleva a cabo la prueba. Sin embargo no todos los residuos son manejados bajo las condiciones simuladas por el TCLP. No obstante, si cambiáramos la solución lixivante, haciéndola más fuerte a modo de disolver una mayor cantidad de metales, estaríamos cambiando el escenario en que la prueba fue diseñada. Por ende, también habría que pensar en cambiar los límites numéricos para los constituyentes mencionados en la característica de toxicidad. Es por ello que a modo de recomendación debería adecuarse el análisis TCLP a las condiciones encontradas en los vertederos de Chile o bien estudiar la posibilidad de utilizar otra prueba de lixiviación (de la gran variedad existente) que permita determinar de forma precisa y personalizada la peligrosidad de este tipo de residuos.</p>
Tiempo de lixiviación	<p>Como se mencionó en la etapa anterior, no es posible modificar ninguna de las variables del test TCLP, aunque se comprobó que un mayor tiempo de agitación de las muestras significa una mayor lixiviación de los metales; económicamente hablando no resulta rentable realizar un procedimiento tan extendido, por otro lado ambientalmente se requieren resultados a la mayor brevedad posible, para una eventual toma de decisiones, por tanto se descarto esta posibilidad.</p>

4.4 Identificación de las muestras

En el cuadro siguiente, se identifican las muestras sometidas a los análisis. Se revisó y registró la información rotulada en las etiquetas de cada una de las muestras señalando, marca, tipo, procedencia, vencimiento, idioma e información respecto a la ausencia de algunos metales en los productos adquiridos. Además se determinó el peso unitario de cada una de las muestras junto con el voltaje final que presentaron una vez agotadas. (Ver Anexo 5).

Tabla 21. Información encontrada en el rotulado de las etiquetas de cada una de las pilas analizadas¹.

Muestra	Tipo	Procedencia	Vencimiento	Idioma ²	Metal declarado como no presente
Duracell AA (Nueva y usada)	Alcalina	China	Marzo 2015	Inglés / portugués	Sin mercurio
Eveready Extra Duration	Alcalina	Indonesia	/	Inglés / portugués	/
Eveready Gold	Alcalina	Singapur	Marzo 2014	Español/ inglés	Sin mercurio
Eveready	Alcalina	Indonesia	/	Español/ inglés	/
Double power	Cinc-carbón	/	/	inglés	/
Rayovac Alcalina	alcalina	USA	Diciembre 2017	Inglés/ Francés	Sin mercurio
Rayovac	Cinc-carbón	Colombia	Diciembre 2012	inglés	/
Bic	Cinc-carbón				
Eurosun	Cinc-carbón	/	Diciembre 2013	Inglés	Sin mercurio y cadmio
Everpower	Cinc-carbón	/	/	/	/

¹ La información fue adquirida en el rotulado del embase que las contenía o fue consultado el sitio web de cada marca.

² Algunas pilas sólo poseen la información en español en el embase que las contiene, no así en la etiqueta de sus carcasas.

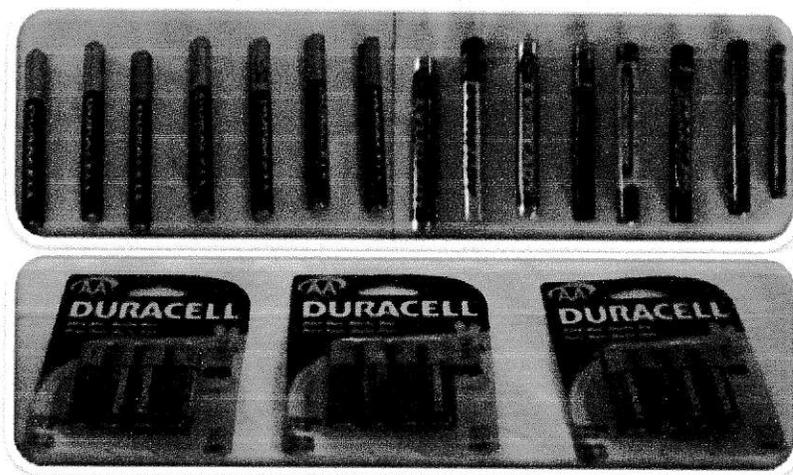


Figura 11. Imagen de las muestras entregadas para ensayos.

4.5 Evaluación preliminar de muestras de pilas alcalinas Duracell AA

4.5.1 Influencia del tamaño de partícula

Se realizó una evaluación preliminar de los tamaños de las muestras de pilas usadas, dirigido para evaluar las posibles condiciones en que se podrían encontrar las pilas en el vertedero, teniendo siempre presente que, aunque pueda tardar varios años, todo el contenido interno de la pila será liberado al ambiente.

4.5.1.1 Pérdidas de masa tratamiento

La siguiente figura (Figura 12) muestra los tratamientos efectuados a las pilas y las pérdidas de masa que ello conlleva. De la Figura se observa claramente una mayor pérdida al utilizar la técnica de trituración, esto debido principalmente a la consistencia pastosa del contenido interno de la pila que ocasiona mayores pérdidas al momento de acceder a él.

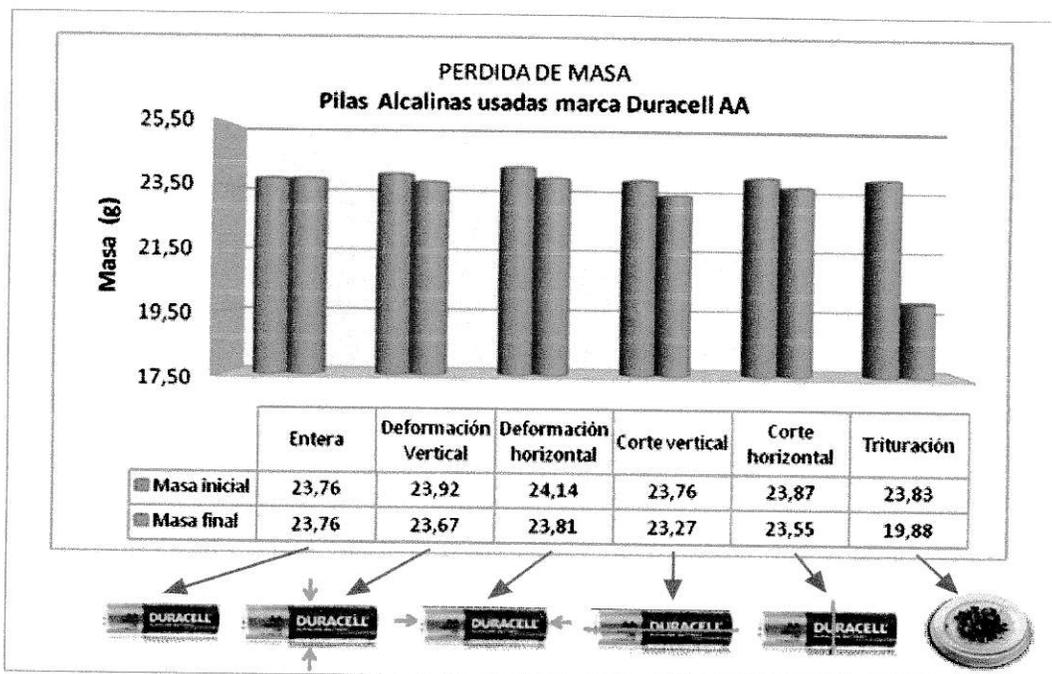


Figura 12. Tratamiento y pérdidas de masa de pilas usadas marca Duracell AA.

4.5.1.2 Metales reglamentados en el TCLP

De acuerdo con los resultados obtenidos, se observa que para los residuos de pilas analizadas, en cuanto a los 7 metales examinados (ver Tabla 22), en ningún caso se superaron los valores Máximos Permisibles señalados en el D.S 148, muy por el contrario, se encontraron concentraciones muy bajas, de ahí que a las muestras analizadas, pilas alcalinas usadas marca Duracell AA, no presentarían la característica de peligrosidad de toxicidad por lixiviación (TCLP).

Tabla 22. Determinación de la característica de toxicidad por lixiviación (TCLP) a muestras de pilas Alcalinas usadas marca Duracell AA. Metales del TCLP, reglamentados en el D.S. 148/2003.

Tratamiento efectuado a la muestra	Concentración (mg/L)						
	Arsénico	Bario	Cadmio	Cromo	Plomo	Selenio	Plata
Entera	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
Deformación Vertical	0,0923	<LD	0,0297	0,038	<LD	<LD	0,0033
Deformación horizontal	0,0678	<LD	<LD	0,0099	<LD	<LD	<LD
Corte vertical	<LD	<LD	0	0,0307	0,0932	<LD	0,0102
Corte horizontal	<LD	0,053	<LD	0,1621	0,1135	0,1439	0,0968
Trituración	0,0669	<LD	<LD	<LD	0,117	<LD	<LD
Nivel Regulatorio D.S. 148/03	5,0	100,0	1,0	5,0	5,0	1,0	5,0
Límite de Detección (LD)	0,0279	0,04	0,022	0,0054	0,04	0,05	0,0009
Límite de Cuantificación (LC)	0,0931	0,14	0,074	0,0181	0,13	0,18	0,003

Por su parte, los ensayos a pilas enteras arrojaron para los siete metales examinados valores por debajo del límite de detección correspondiente a la técnica analítica utilizada (Método por ICP/OES para barrido de metales totales), hecho que no resulta extraño pues finalizado el procedimiento de lixiviación la carcasa de la pila se encontraba en buenas condiciones indicando la poca efectividad de este tipo de ensayo, pues el contenido interno de la pila no habría estado nunca en contacto con la solución lixivante.

Las mayores concentraciones de metales en las muestras analizadas se registraron en el ensayo de corte horizontal, hecho que se debe a la mayor superficie de contacto y por ende mayor grado de penetración que tuvo la solución lixivante con el contenido interno de la pila. Si bien el ensayo de trituración debiese ser la muestra que mayores concentraciones arrojará, esto no sucedió debido a la pérdida de masa resultado del proceso de reducción del tamaño. Hecho que pone en evidencia la dificultad que representa la disminución del tamaño de partícula para cierta clase de residuos.

4.5.1.3 Otros metales analizados

La siguiente Tabla presenta las concentraciones de 11 metales no reglamentados por el DS 148/03.

Muestra	Concentración (mg/L)										
	Al	Be	B	Co	Cu	Fe	Mn	Mo	Ni	V	Zn
Entera	<LD	0	0,0796	<LD	<LD	21,53	0,0634	<LD	0,8662	<LD	0,039
Deformación Vertical	0,2168	<LD	0,7944	0,0363	0,2234	302,7	0,8503	<LD	0,9988	0,0384	57,33
Deformación horizontal	0,1061	0,0003	0,2614	0,0111	0,0087	83,73	0,8281	<LD	0,7606	0,0119	14,17
Corte vertical	<LD	0	0,0754	0,0047	0,0139	12,59	112,1	<LD	0,5303	<LD	1191
Corte horizontal	<LD	<LD	0,1053	0,0154	<LD	0,0863	580,3	<LD	1,768	0,0055	657
Trituración	<LD	<LD	0,0279	0,0052	0,4368	0,05	14,29	<LD	1,488	0,0003	1725
Normativa	No aplicable										
LD	0,0021	0,0002	0,0055	0,0013	0,0033	0,0011	0,0002	0,0037	0,0046	0,0004	0,0016
LC	0,0069	0,0007	0,0182	0,0042	0,011	0,0035	0,0005	0,0012	0,0153	0,0012	0,0052

Las mayores concentraciones se registraron para los metales cinc, manganeso y fierro respectivamente, hecho que concuerda con la composición química de las pilas analizadas, esto es pilas alcalinas o de cinc-dióxido de manganeso (Zn-MnO₂). Sin embargo las mayores concentraciones de cinc se registraron para los ensayos de trituración, mientras que la concentración de manganeso fue máxima para el ensayo con corte horizontal. Éstas diferencias se podrán deber a la falta de prolijidad en el corte y trituración, pues en ambos casos el ensayo de trituración debiese presentar las mayores concentraciones. Los demás metales analizados presentaron concentraciones bajo 1 mg/L exceptuando el hierro que presentó un pick de 302,7 mg/L para el ensayo con deformación vertical.

En relación a la eventual contaminación del suelo con estos 11 metales, se aclara que éstos no se encuentran incorporados en la reglamentación del DS 148/2003, para la identificación de residuos peligrosos, por consiguiente al no existir

una normativa que los ampare no pueden ser reconocidos como sustancias contaminantes por lixiviación. Sin embargo ambientalmente hay que considerar que se están introduciendo al ambiente grandes cantidades de metales como cinc y manganeso, que en definitiva alteran el equilibrio ambiental si no son dispuestas adecuadamente.

4.5.2 Influencia del tiempo de extracción.

La prueba del TCLP sólo mide la cantidad de contaminantes que se lixivian fuera del suelo después de que han sido mezclado con agua acidificada por un corto período del tiempo, esto es el equivalente analítico de vaciar agua sobre granos de café y luego medir la cantidad de cafeína en el agua, en lugar del total de cafeína en los granos. Este procedimiento produce entonces un estimado de la contaminación que podría ser liberada en una sola tormenta de lluvia, pero no se acerca al estimar la amenaza ambiental acumulativa planteada por la fuente tóxica, especialmente cuando se trata de metales pesados que son conocidos por ser bioacumulativos en el ambiente.

Por este motivo se estudió la evolución de la lixiviación a través tiempo con la finalidad evaluar una posible prolongación del tiempo de análisis del test TCLP, asimismo se realizó una comparación entre pilas nuevas y usadas respecto a la lixiviación de sus metales.

4.5.2.1 Pérdidas de masa por tratamiento

La Figura 13 muestra las pérdidas de masa ocurridos en ensayos con corte horizontal efectuados a diez (10) pilas alcalinas marca Duracell AA, nuevas y usadas respectivamente que fueron sometidas a lixiviación bajo diferentes períodos de tiempo.

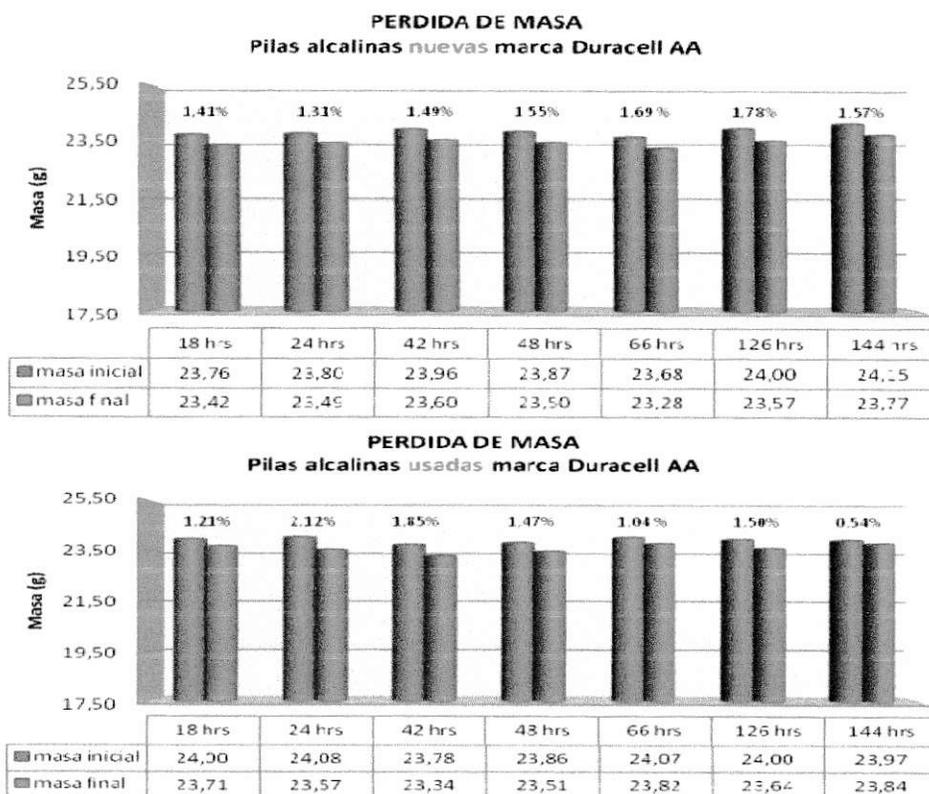


Figura 13. Pérdida de masa de pilas Alcalinas nuevas y usadas marca Duracell AA en tratamiento con corte horizontal bajo diferentes períodos de lixiviación.

Como puede observarse en el cuadro anterior, las pilas alcalinas marca Duracell AA registraron un peso promedio de 23,89 g para pilas nuevas y 23,97 g para pilas usadas, con mínimas diferencias entre valores. Luego del tratamiento realizado, esto es, ensayos con corte horizontal, las pilas presentaron un peso promedio de 23,52 g con un 1,54% de pérdida para las pilas nuevas y de 23,63 g con un 1,39% de pérdida promedio para las pilas usadas. Las mayores pérdidas de masa para pilas nuevas se registraron para la pila que recibiría una lixiviación de 126 hrs siendo ésta de un 1,78% de pérdida, mientras que para las pilas usadas las mayores pérdidas de masa se registraron para la pila que recibiría una lixiviación de 24 hrs siendo ésta de un 2,12% de pérdida. En ambos casos las pérdidas de masa resultan ser razonables

4.5.2.2 Metales reglamentados en el TCLP

La siguiente Figura presenta la evolución de la lixiviación a través del tiempo de las muestras de pilas alcalinas usadas marca Duracell AA, para los siete (7) metales reglamentados por el D.S. 148/2003.

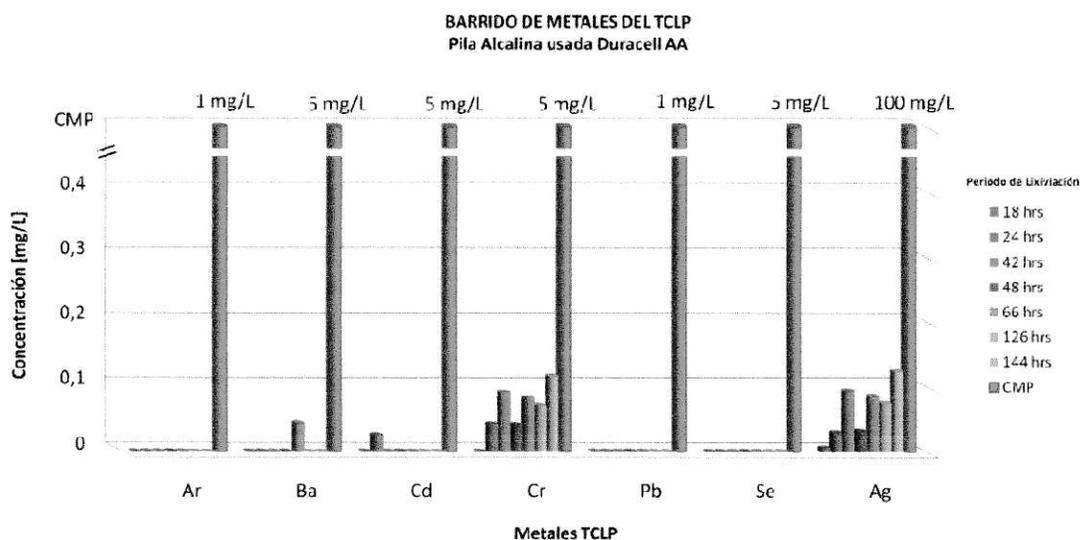


Figura 14. Barrido de metales para TCLP.

De acuerdo con los resultados obtenidos (ver Figura 14), es posible observar dos clases de datos. Datos provenientes del análisis TCLP tradicional que implica una lixiviación de 18 hrs (primera barra) y datos del análisis TCLP extendido cuyo período de agitación es mayor al definido por el test descrito por la EPA y el D.S. 148. Consecuentemente bajo la modalidad TCLP-Tradicional, las siete muestras analizadas, pilas alcalinas usadas marca Duracell AA, no representan la clasificación de toxicidad por lixiviación, dado que la acción de 18 hrs de lixiviación al que fueron sometidas en el laboratorio, no originaron la disolución de los metales en concentraciones superiores a los valores Máximos Permisibles señalados en el presente decreto. Es más, de los siete metales analizados, cuatro presentaron

concentraciones bajo los límites de detección de la técnica empleada (Método por ICP/OES para barrido de metales totales), esto es arsénico, bario, cadmio, cromo, plomo y selenio, siendo el metal plata el único registrado (0,0056 mg/L). Dicho de otro modo, las muestras analizadas para los siete metales examinados bajo un período de lixiviación de 18 hrs no presentaron la característica de peligrosidad de toxicidad extrínseca (TCLP). Por su parte, las muestras cuyos tiempos de agitación superan lo estipulado por la norma, esto es 18 ± 2 hrs de agitación, detectaron la lixiviación de los metales bario, cadmio, cromo y plata, siendo sólo estos dos últimos los que presentaron valores relativamente ascendentes; no obstante, ninguno de los 2 metales registró una lixiviación significativa a través del tiempo.

Con respecto a la identificación de la peligrosidad de éstas muestras, cuyo tiempos de lixiviación superan las 18 ± 2 hrs, se aclara que no se cuenta con una norma que establezca las concentraciones máximas permitidas, pues estos ensayos resultan ser sólo pruebas para establecer la efectividad del tiempo de lixiviación estipulado por la normativa. Sin embargo, utilizando los valores presentes en el D.S. 148 asociados a 18 hrs de agitación, se obtiene que en ninguno de los casos las muestras superan los límites máximos permitidos, por consiguiente al igual que todas las demás muestras no presentan la característica de toxicidad por lixiviación (TCLP).

Por otro lado el análisis realizado a pilas alcalinas nuevas marca Duracell AA, registraron para todo el período de estudio, referente a los 7 metales reglamentado por el TCLP, concentraciones bajo los límites de detección de la técnica empleada (Método por ICP/OES para barrido de metales totales), esto es Arsénico, Bario Cadmio, Cromo, Plomo, Selenio y Plata. Por tanto bajo la modalidad de TCLP tradicional (lixiviación de 18 hrs) se concluye que las muestras analizadas pilas nuevas marca Duracell AA no presentaron la característica de toxicidad por lixiviación (TCLP).

Asimismo, respecto a la modalidad de TCLP extendido, esto es con una lixiviación superior a 18 hrs, no se cuenta con niveles regulatorios; sin embargo utilizando los valores normativos presentes en el D.S. 148 asociados a 18 hrs de agitación, se obtiene que en ninguno de los casos las muestras originaron la disolución de los metales en concentraciones superiores a los valores Máximos Permisibles señalados en el presente, pues para todo el período de estudio se registraron valores bajo el límite de detección de la técnica empleada, por consiguiente tampoco presentan la característica de toxicidad por lixiviación (TCLP).

En relación a la efectividad en el aumento del tiempo de lixiviación del método, si bien es claro y lógico que un mayor tiempo de agitación involucra una mayor lixiviación de los metales, para el caso del análisis efectuado a muestras de pilas nuevas, no fue posible determinarla; pues para todo el período de estudio, éstas arrojaron valores bajo el límite de detección del método, indicando que, o no existe este tipo de analitos en la composición química de las pilas o bien la técnica analítica no fue capaz de detectarlas. Sin embargo el análisis de la evolución de la lixiviación en muestras de pilas usadas, de las misma marca y tamaño, evidenció la presencia de algunos de ellos (Ba, Cd, Cr y Ag), siendo los metales cromo y plata, los únicos que presentaron una tendencia relativamente ascendente, a pesar de ello la evolución en la lixiviación no fue significativa. Por tanto tomando en consideración el aspecto económico, no resultaría rentable realizar una lixiviación por un período de tiempo tan extendido, pues si el costo de la metodología aumenta el precio de venta del servicio también debiese aumentar.

4.5.2.3 Otros metales analizados.

La siguiente Figura presenta la evolución de la lixiviación a través del tiempo para 11 metales no reglamentados por el DS 148/03 en muestras de pilas alcalinas marca Duracell AA nuevas y usadas. Las mayores concentraciones se registraron para los metales cinc y manganeso en ambos tipos de muestras, hecho que concuerda con la composición química de las pilas analizadas, esto es pilas Alcalinas o de Cinc-Dióxido de Manganeso ($Zn-MnO_2$).

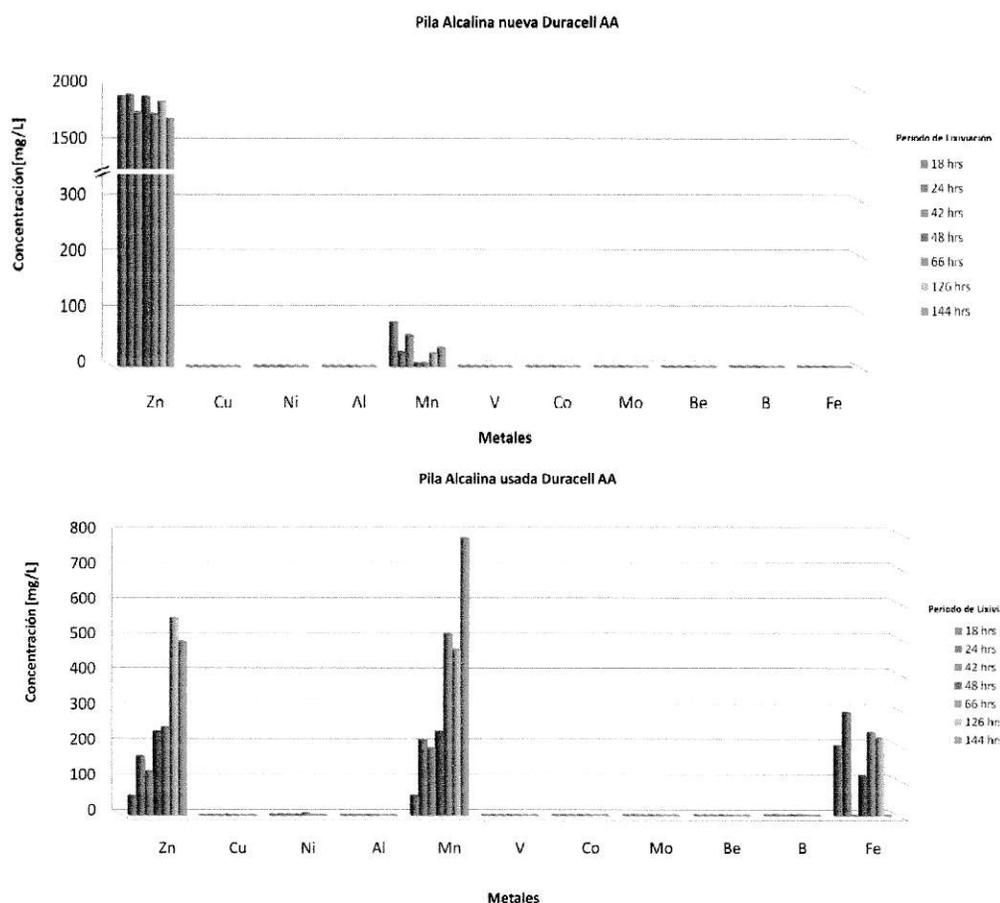


Figura 15. Evolución de la lixiviación a través del tiempo, para muestras de pilas nuevas y usadas.

En cuanto a la evolución de la lixiviación a lo largo del tiempo, para el caso de las muestras de pilas nuevas, los metales cinc y manganeso registran una leve tendencias al descenso, mientras que en las muestras de pilas usadas, puede observarse claramente que estos dos metales fueron los únicos que presentaron una tendencia al incremento. (para mayor detalle ver Anexo 7)

Respecto a los metales Berilio, Vanadio y Molibdeno, se registró en ambas muestras, pilas nuevas y usadas, concentraciones bajo los límites de detección de la técnica empleada (Método por ICP/OES para barrido de metales totales), para todo el período de estudio. Lo mismo sucedió con los metales cobre y cobalto en las muestras de pilas nuevas, no así con las pilas usadas, donde estos dos metales junto con el Hierro, Níquel, Boro y Aluminio a pesar de haber registrado una lixiviación cuantitativa, no presentaron una tendencia clara, muy por el contrario, presentaron gran variación a lo largo del período de estudio. Exceptuando el níquel, los metales cobre, aluminio, cobalto, berilio y hierro lixiviaron concentraciones bajo los 1,1 mg/L para las pilas usadas.

Por su parte las muestras de pilas nuevas registraron concentraciones inferiores a los 0,5 mg/L para los metales níquel, aluminio, berilio, hierro sin ninguna tendencia clara. La inexistencia de una tendencia significativa al incremento o disminución en la lixiviación de los metales a través del tiempo, exceptuando al cinc y manganeso, puede deberse a que las pilas analizadas están compuestas principalmente por estos dos metales, siendo los demás componentes registrados impurezas asociadas a los primeros.

En contraste a los análisis realizados a pilas nuevas y usadas, de la misma marca y tipo resulta evidente que los metal zinc y manganeso fueron los únicos que registraron altas concentraciones en los lixiviados recogidos durante el periodo de

estudio, sin embargo la tendencia resultó mayormente significativa para el metal cinc en las muestras de pilas nuevas, mientras que para la pila usada las mayores concentraciones lixiviadas recayeron en el metal manganeso. Esto es 1.878,59 mg/L que promedio la lixiviación del cinc en la pila nueva versus 267,46 mg/L que promedio en la pila usada y contra 33,19 mg/L y 350,50 mg/L que promedio el manganeso para la pila nueva y usada respectivamente.

Lo anterior pude encontrar respuesta en los estados de oxidación en que se encuentran los constituyentes principales de las pilas analizadas, recordando que para este caso el cinc (ánodo) se oxida mientras que el manganeso (cátodo) se reduce a medida que se consume la pila. Por consiguiente al encontrarse en diferentes estados, los metales resultan estar más o menos propensos a ser lixiviados por la solución lixivante.

Al no existir una norma que ampare la contaminación por lixiviación de estos metales, las comparaciones de los tiempos de lixiviación, sólo señalan que, para el caso de cinc y manganeso, 18 hrs de agitación puede que no sea un tiempo suficiente para una lixiviación cuantitativa.

4.5.3 Análisis de la composición de las muestras

4.5.3.1 Pérdidas de masa por tratamiento

Las muestras fueron sometidas a una digestión ácida para la determinación de metales totales por el método EPA 3050B. Para su análisis, se utilizó la técnica de Espectroscopía de Emisión en Plasma Acoplado Inductivamente (ICP/OES) de acuerdo con el método EPA. El procedimiento no presenta pérdidas de masa en las muestras de pilas pues son completamente sometidas a proceso de digestión, sólo se efectuó una pequeña perforación para garantizar que el producto no explotara debido a la alza de temperatura y presión que se vería enfrentada la muestra.

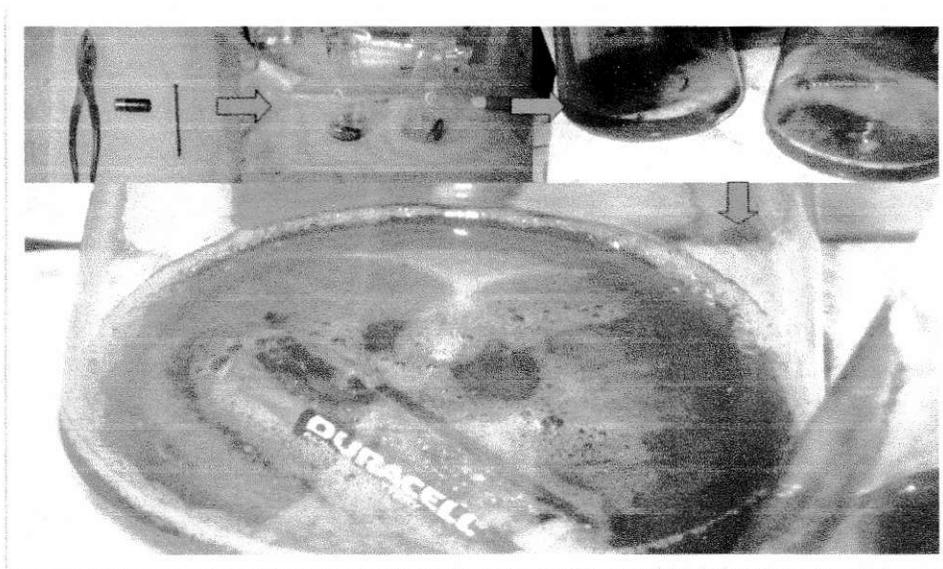


Figura 16. Esquema del la metodología EPA 3050B.

4.5.3.2 Metales reglamentados en el TCLP

La siguiente Tabla presenta la composición de metales pesados para pilas alcalinas, nuevas y usadas, marca Duracell AA.

Tabla 24. Determinación de metales totales a pilas alcalinas marca Duracell AA. Metales del TCLP, reglamentados en el D.S. 148/2003.							
Muestra	Concentración (mg/Kg)						
	Arsénico	Bario	Cadmio	Cromo	Plomo	Selenio	Plata
Pila Nueva	<LD	1,92	15,21	134,50	47,09	<LD	29,34
Pila Usada	<LD	1,82	14,40	68,26	46,52	<LD	29,16
Nivel Regulatorio D.S. 148/03	100	2000	20	100	100	20	100
Límite de Detección (LD)	0,0279	0,04	0,022	0,0054	0,04	0,05	0,0009
Límite de Cuantificación (LC)	0,0931	0,14	0,074	0,0181	0,13	0,18	0,003

De los resultados presentados es posible apreciar que las concentraciones para ambas muestras, pilas nuevas y usadas, presentaron valores similares entre sí, con excepción del metal Cromo que para el caso pila nueva resultó ser un 97,04% más concentrado. En relación a los metales arsénico y selenio, ambas muestras presentaron concentraciones bajo los límites de detección de la técnica empleada (Método por ICP/OES para barrido de metales totales), lo que concuerda con los valores obtenidos para TCLP (ver punto 4.5.2.2).

Según el nivel regulatorio del D.S. 148/2003, la muestra pila nueva, registró para el metal cromo una concentración superior a la máxima permitida, sin embargo el presente decreto establece que los valores determinados por análisis de la composición de un residuo, sólo pueden ser utilizados por el generador para demostrar que sus residuos no son tóxicos extrínsecos (toxicidad por lixiviación, TCLP) con respecto de su disposición final en el suelo. No así por la autoridad sanitaria para demostrar que éstos sí lo son, pues para este fin sólo se utiliza el test de toxicidad por lixiviación.

4.3.3.3 Contenido total de metales pesados

Las siguientes Figuras (17 y 18) entregan la concentración total de metales detectados expresados como porcentaje y referidas al peso total de la pila.

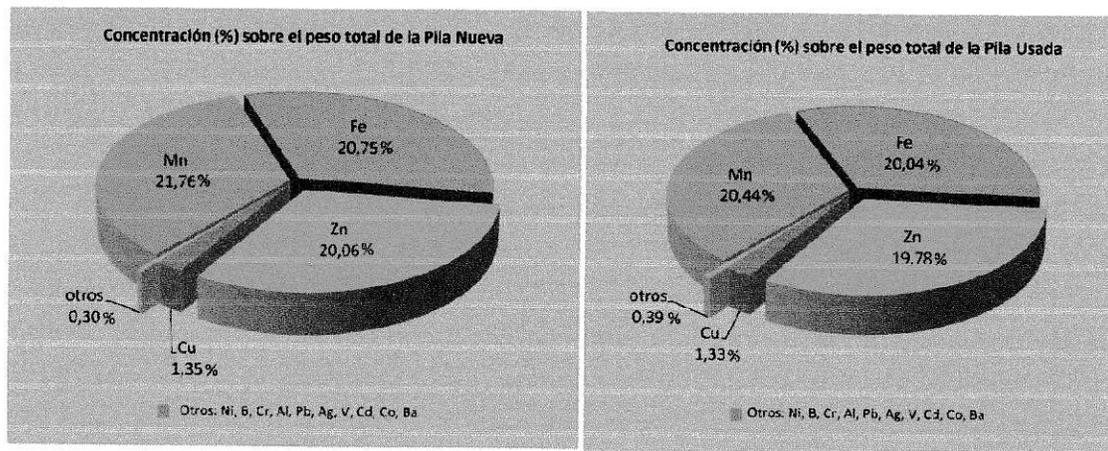


Figura 17 .Composición porcentual de metales presentes en la pila alcalina Duracell AA, en estado nueva y usada. Método por ICP/OES para barrido de metales totales.

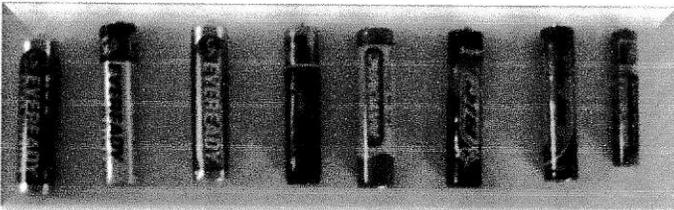
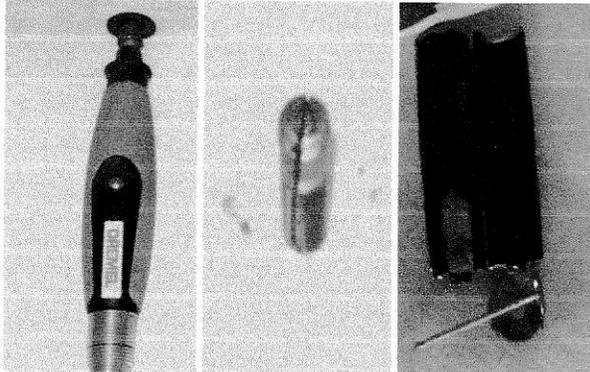
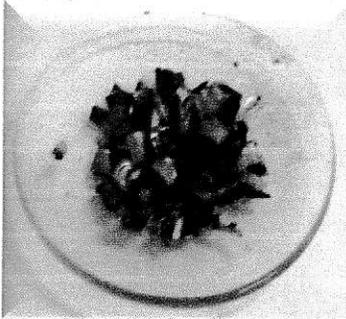
El análisis porcentual arroja que tanto para la pila nueva como la usada, los principales constituyentes resultan ser los metales cinc, manganeso y hierro, lo que concuerda con el tipo de pila analizada (alcalina o cinc-dióxido de manganeso). Respecto a los metales del TCLP sólo 5 de ellos formaban parte de la pila, constituyendo sólo un 1,35% y un 1,33% para la pila nueva y usada respectivamente junto con otros 4 metales.

4.6 Evaluación de la peligrosidad de pilas comercializadas en el país.

4.6.1 Tratamiento dado a las pilas

Se utilizó un dispositivo desbastador para desmontar el blindaje de las pilas (herramienta rotatoria marca Dremel). A continuación se muestra una descripción ilustrada de los pasos necesarios para el desensamble de pilas cilíndricas.

Tabla 25. Etapas generales para el desensamble y trituración de pilas analizadas.

ETAPAS	ILUSTRACIÓN
<p>Selección y limpieza de la muestra con agua desionizada</p>	
<p>Realizar un corte longitudinal al blindaje para extraer el interior de la pila.</p>	
<p>Cortar todo el material en partículas de tamaño igual o inferior a 9,5 mm</p>	

El proceso de desensamble, corte y reducción de tamaño utilizando el dispositivo desbastador marca Dremel fue establecido como el método más adecuado, debido a la baja pérdida de material en el proceso, comparado con las otras metodologías antes mencionadas (ver punto 4.5.1); por la facilidad de separar la cobertura metálica y los electrodos de las pilas, obteniéndose ambos prácticamente íntegros; y en resumidas cuentas por lo fácil y rápido del procedimiento.

4.6.2 Determinación de la toxicidad por lixiviación

4.6.2.1 Metales reglamentados en el TCLP

La Tabla 26 presenta los valores de metales pesados para pilas alcalinas usadas, de diferentes marcas, comercializadas en el país. (Para mayor detalle ver Anexo 6)

Pilas	Concentración (mg/L)						
	Arsénico	Bario	Cadmio	Cromo	Plomo	Selenio	Plata
Eveready Extra Duration	<LD	0,6428	0,0352	0,0475	2,643	<LD	0,0389
Eveready Gold	<LD	0,1438	<LD	0,0897	0,153	<LD	0,0792
Eveready	<LD	0,8691	<LD	<LD	3,041	0,2639	0,0065
Double power	<LD	<LD	0,3967	0,0057	1,118	0,0325	0,0035
Rayovac Alcalina	<LD	<LD	<LD	0,0187	0,170	<LD	0,0151
Rayovac	<LD	<LD	<LD	0,169	0,315	0,199	0,1581
Bic	0,0501	0,5924	0,0772	0,0877	0,178	0,3355	0,0806
Eurosun	0,0306	<LD	0,0366	0,0681	0,161	0,3696	0,0678
Everpower	<LD	2,0009	0,063	0,0724	0,151	0,384	0,0677
Nivel Regulatorio D.S. 148/03	5,0	100,0	1,0	5,0	5,0	1,0	5,0
Límite de Detección (LD)	0,0279	0,04	0,022	0,0054	0,04	0,05	0,0009
Límite de Cuantificación (LC)	0,0931	0,14	0,074	0,0181	0,13	0,18	0,003

De los valores presentados se concluye que, en cuanto a los 7 metales examinados, ninguna de las muestras de pilas analizadas presentan la característica de toxicidad por lixiviación pues en ningún caso los siete metales analizados superaron los límites máximos permisibles.

Realizando un análisis más detallado, se observa que las pilas marca Eveready Extra Duration y Eveready presentaron las mayores lixiviaciones de plomo con un 52,9% y 60,82% respectivamente, respecto al nivel regulatorio correspondiente a ese metal, generando de ésta forma un posible estado de latencia para éstas dos marcas. Para el resto de los metales las concentraciones encontradas resultan ser muy bajas respecto a los límites máximos permitidos, no presentando mayor preocupación por la lixiviación de sus metales.

4.6.2.2 Otros metales analizados

Además de analizar los siete metales antes mencionados en los extractos TCLP, los cuales se encuentran debidamente regulados por el DS 148/03, se incluyeron en el análisis de metales lixiviados otros once metales, que aunque no se encuentren en la lista de sustancias controladas por el decreto en la prueba de toxicidad TCLP, son de interés sanitario y ambiental, pues teniendo en cuenta que los residuos de pilas contienen grandes cantidades de dichos metales, estos pueden migrar a fuentes de agua y superar los límites permitidos de estos metales pesados en este elemento ambiental.

Tabla 27. Otros metales analizados por ICP/OES.

Muestra	Concentración (mg/L)										
	Al	Be	B	Co	Cu	Fe	Mn	Mo	Ni	V	Zn
Eveready E.	<LD	<LD	<LD	0,002	<LD	0,006	281,796	0,001	0,019	<LD	3.489,938
Eveready G.	<LD	<LD	0,014	0,408	<LD	<LD	696,996	<LD	0,078	<LD	2.018,938
Eveready	<LD	<LD	<LD	0,003	<LD	0,013	37,447	0,003	0,020	<LD	1.492,907
Double power	0,025	<LD	<LD	1,268	0,229	<LD	70,776	<LD	1,875	<LD	11.989,938
Rayovac A.	<LD	<LD	<LD	0,003	0,068	<LD	110,096	<LD	0,110	<LD	1.415,938
Rayovac	<LD	<LD	0,039	0,071	<LD	0,027	980,896	0,023	0,413	<LD	2.729,938
Bic	<LD	<LD	<LD	0,003	0,000	<LD	502,697	0,003	0,564	<LD	1.158,907
Eurosun	<LD	<LD	<LD	0,462	0,021	<LD	388,197	0,006	2,704	<LD	767,307
Everpower	<LD	<LD	0,002	0,246	0,028	0,007	449,697	0,005	1,136	<LD	892,307
Normativa	Inexistente										
LD	0,0021	0,0002	0,0055	0,0013	0,0033	0,0011	0,0002	0,0037	0,0046	0,0004	0,0016
LC	0,0069	0,0007	0,0182	0,0042	0,011	0,0035	0,0005	0,0012	0,0153	0,0012	0,0052

En la Tabla 27 puede observarse que las mayores concentraciones se registraron para los metales cinc y manganeso, concentraciones sobre los 38 y 770 mg/L respectivamente, hecho que concuerda con la composición química de las pilas analizadas, esto es pilas Alcalinas o de Cinc-Dióxido de Manganeso (Zn–MnO₂). El resto de los metales presentaron lixiviaciones bajo los 2,8 mg/L.

4.6.3 Contenido total de metales pesados

4.6.3.1 Metales reglamentados en el TCLP

Las muestras fueron sometidas a una digestión ácida para la determinación de metales totales por el método EPA 3050B. Para su análisis, se utilizó la técnica de Espectroscopía de Emisión en Plasma Acoplado Inductivamente (ICP/OES) de acuerdo con el método EPA para el análisis de: arsénico, bario, cadmio, cromo, selenio, y plata.

Tabla 28. Determinación de metales totales a pilas Alcalinas de diferentes marcas. Metales del TCLP, reglamentados en el D.S. 148/2003.

Tiempo de agitación	Concentración (mg/Kg)						
	Arsénico	Bario	Cadmio	Cromo	Plomo	Selenio	Plata
Eveready extra duration	<LD	35,899	24,712	123,826	58,286	<LD	19,730
Eveready Gold	<LD	55,774	21,642	72,649	55,417	31,175	23,222
Eveready	<LD	291,020	23,294	137,120	1238,864	25,980	16,102
Double power	46,723	399,815	68,326	56,997	1324,806	29,634	6,343
Rayovac Alcalina	<LD	12,400	17,525	70,711	120,319	15,672	23,606
Rayovac	<LD	737,042	22,126	95,205	505,152	229,395	19,180
Bic	<LD	89,556	44,949	48,162	557,271	<LD	23,792
Eurosun	30,083	717,595	78,152	73,612	1022,398	<LD	11,705
Everpower	<LD	1073,822	87,494	50,194	367,005	0	11,890
Nivel Regulatorio D.S. 148/03	100	2000	20	100	100	20	100
Límite de Detección (LD)	0,0279	0,04	0,022	0,0054	0,04	0,05	0,0009
Límite de Cuantificación (LC)	0,0931	0,14	0,074	0,0181	0,13	0,18	0,003

De acuerdo a los valores registrados se observa que algunas de las muestras analizadas, para los metales cadmio, cromo, plomo y selenio superan el nivel

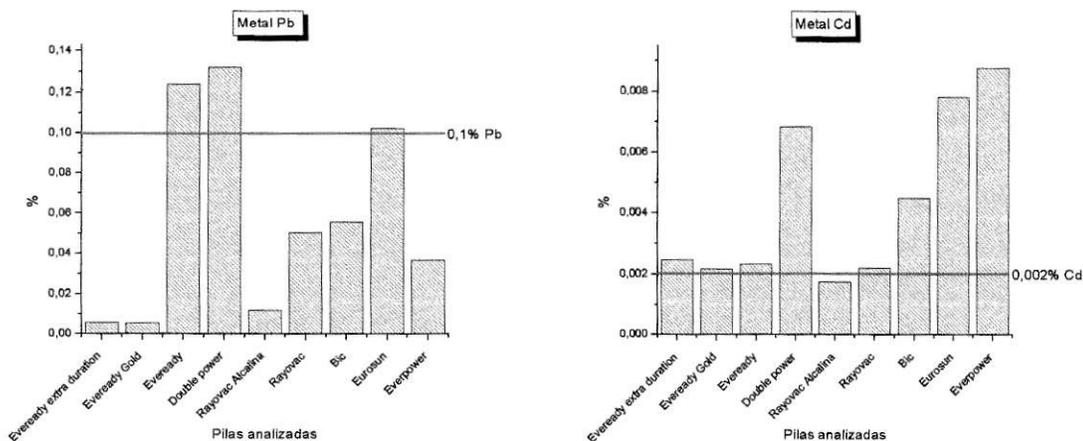
regulatorio. Para el caso del metal cadmio todas las muestras de pilas analizadas superaron el límite regulatorio exceptuando la pila marca Rayovac alcalina; en cuando al metal cromo sólo dos de las nueve muestras analizadas superaron este límite esto es Eveready extra Duration y Eveready; finalmente para el metal plomo siete son las muestras de pilas analizadas que superaron el nivel regulatorio estos son Eveready, Double Power, Rayovac Alcalina, Rayovac, Bic, Eurosun y Everpower.

Aun cuando todas las marcas de pilas analizadas superaron los límites máximos permitidos respecto alguno de los 7 metales analizados, revelando la presencia de dichos metales en cantidades potencialmente suficientes para sobrepasar los límites de concentración en el extracto TCLP; a la luz de los resultados es claro que esto no ocurrió pues los análisis de toxicidad por lixiviación resultaron negativos para todas las muestras de pilas analizadas, concediéndoles la calificación de residuos no tóxico por lixiviación o toxicidad extrínseca (ver punto 4.6.2.1). Asimismo los niveles regulatorios relativos al contenido total de metales sólo pueden ser utilizados por el generador para demostrar que su residuo no presenta la característica de toxicidad por lixiviación, no así por la autoridad sanitaria para demostrar que sí lo son, pues para tal caso se utiliza el test TCLP. En resumidas cuentas las muestras de pilas analizadas no presentan evidencia de característica tóxica referida a la prueba de TCLP aun cuando para algunos de los siete metales analizados se supera el límite regulatorio para el contenido total de un metal pesado determinado pro digestión.

Sin embargo utilizando la normativa internacional brasilera (Resolución CONAMA nº 401/2005) (ver Tabla 13) respecto a los límites máximo de los metales Cadmio y Plomo presente en las pilas, es posible determinar que todas las muestras

analizadas, exceptuando la pila marca Rayovac Alcalina, superan los límites máximos establecidos.

Figura 18. Porcentaje de Cadmio y Plomo presente en las muestras analizadas.



Por consiguiente todas las muestras que superaron esta normativa serian eventualmente catalogados como residuos peligrosos. Sin embargo tal distinción no representa ningún valor legal en Chile pues no se cuenta con una normativa específica de pilas

Por ello se hace hincapiés en la necesidad de creación de normas que regulen los contenidos máximos presentes en las pilas.

4.6.3.2 Otros metales analizados

De acuerdo a los resultados presentados en la tabla 29, es posible apreciar que las mayores cantidades de metales resultan ser para los metales Cinc, Manganeso, Aluminio y Hierro respectivamente para la mayor parte de las pilas analizadas. Aun cuando estos metales no poseen un nivel regulatorio es claro que cada pila posee importantes cantidades de metales que si bien no lixivian de una sola vez, al paso de los años todo el contenido interno será liberado al ambiente.

El contenido total de once metales no reglamentados por el Reglamento Sanitario de Residuos Peligrosos se presenta a continuación.

Tabla 29. Determinación de metales totales a diferentes pilas comercializadas en el país.											
Muestra	Concentración (mg/Kg)										
	Al	Be	B	Co	Cu	Fe	Mn	Mo	Ni	V	Zn
Eveready extraduration	189,767	0,000	477,063	7,023	0,000	228739,493	2946,246	0,000	17,459	11,619	5719,396
Eveready Gold	139,418	0,000	425,643	91,079	7081,558	165662,802	3397,080	0,000	77,169	7,770	3637,290
Eveready	1664,452	0,381	464,458	16,040	4,679	229205,983	129899,527	0,000	39,244	33,054	381300,339
Double power	11908,270	1,395	108,366	86,932	311,827	64069,401	49821,837	4,553	329,274	103,399	239776,406
Rayovac Alcalina	93,046	0,000	406,491	12,013	8213,540	176366,962	206055,472	0,000	1645,663	3,408	132748,202
Rayovac	1029,755	0,193	458,411	13,901	30,080	257013,094	179441,774	0,000	102,881	23,500	298020,210
Bic	471,277	0,000	52,889	2,486	7274,369	21605,300	164744,369	0,000	322,843	0,000	307294,368
Eurosun	9256,370	1,149	160,597	76,228	1922,049	68720,011	86299,516	4,057	891,310	80,139	224790,450
Everpower	7196,283	1,062	94,397	84,024	476,590	44512,733	81877,273	6,732	676,097	72,172	241563,250
Normativa	Inexistente										
LD	0,0021	0,0002	0,0055	0,0013	0,0033	0,0011	0,0002	0,0037	0,0046	0,0004	0,0016
LC	0,0069	0,0007	0,0182	0,0042	0,011	0,0035	0,0005	0,0012	0,0153	0,0012	0,0052

4.7 El peligro potencial de las pilas desde el punto de vista ambiental.

Debido a su amplia utilidad, las pilas se han convertido en una fuente de energía indispensable en nuestro día a día. La comodidad que nos ofrecen, ha hecho que la industria genere un sinnúmero de aplicaciones; radios, linternas, relojes, cámaras fotográficas, calculadoras, juguetes, computadoras son sólo una pequeña muestra de una enorme lista de productos que emplean éstas fuentes de energía. Esto ha contribuido al aumento de su consumo a lo largo de estos años.

En Chile no se fabrican pilas, cerca de 100 millones son importadas cada año, generando un consumo promedio estimado de 6,3 pilas por habitante al año (ver punto 4.1). Este escenario de consumo de pilas a fin de cuentas genera grandes volúmenes de residuos, más de 80 millones de pilas al año son desechadas en Chile (Campaña “ahórrate la basura” Conama, 2009) pudiendo representar un riesgo para la salud y el ambiente, si no son tratadas adecuadamente.

El peligro que producen las pilas radica en que los componentes con los que son elaboradas son altamente tóxicos, representando un peligro potencial, tanto desde el punto de vista cualitativo como cuantitativo, pues contienen cantidades importantes de contaminantes (metales pesados) cuya concentración por unidad es capaz de provocar daños tanto para a la salud de las personas como para el medio ambiente.

La problemática de la contaminación por pilas comienza cuando gastadas por el uso, dejan de ser útiles y son desechadas a la basura. Debido a que nuestro país no cuenta con normativas que regulen la calidad de pilas importadas, la recolección diferenciada y manejo de pilas usadas, éstas son desechadas y depositadas directamente en la basura junto con el resto de los residuos domiciliarios. De este modo, el manejo de los residuos domésticos genera un riesgo de contaminación,

proveniente fundamentalmente de la presencia de metales pesados en la composición química de las pilas.

Entre los metales pesados que califican como dañinos para la salud, destacan el Mercurio y Cadmio, seguidos por: Berilio, Bario, Cadmio, Cobre, Manganeso, Níquel, Estaño, Vanadio y Cinc, entre otros. Los metales pesados son sustancias muy persistentes en el medio ambiente al no ser biodegradables, por lo que permanecen en el medio, incorporándose a las cadenas tróficas y acumulándose en los tejidos de los seres vivos hasta alcanzar niveles tóxicos. Aunque su presencia natural no debiera ser peligrosa, por cuanto son parte del equilibrio de la Naturaleza, su producción se ha incrementado vertiginosamente desde la Revolución Industrial, con el correspondiente aumento de emisiones que ello conlleva. Si bien es cierto que las pilas contribuyen a un bajo porcentaje del volumen total de residuos domésticos, son una de las corrientes con mayor aporte de metales pesados al total de residuos. Existe una estimación de la EPA (Agencia de Protección del Medio Ambiente de los Estados Unidos), que aproximadamente el 50% del mercurio contenido en los lixiviados de los vertederos, proviene de las pilas domésticas.

El peligro que encierran las pilas se concreta cuando sus componentes internos son liberados al medio. Si bien es cierto, durante la vida útil de una pila, los riesgos de liberación de sus componentes están convenientemente limitados por sistemas de blindaje exterior (carcasa o envoltura metálica), que impiden el contacto directo de sus componentes internos con el medio, éstos no tienen duración ilimitada.

La degradación que experimentan en su manejo post consumo comienza cuando son recogidas por los camiones recolectores de basura, los cuales compactan los residuos generando tensiones, dobleces y cortes sobre el blindaje de las pilas; y continua en el relleno sanitario, en donde los desechos son esparcidos y nuevamente

compactados mediante máquinas topadoras o aplanadoras, generando posibles fracturas sobre estos dispositivos. Aun cuando las pilas lleguen sin ningún deterioro, al relleno sanitario o basural, éstas pueden sufrir la corrosión de sus carcasas, las cuales pueden ser afectadas internamente por sus propios componentes y externamente por la acción climática y por el proceso de fermentación de la basura, especialmente la materia orgánica, que al elevar su temperatura hasta los 70° C, actúa como un reactor de la contaminación. La corrosión generada deriva en la destrucción de las carcasas o envolturas metálicas, que aunque puede llevar varios años, finalmente permitirá la liberación de los diferentes componentes de las pilas al ambiente. Otras causas de considerable importancia que contribuyen a la liberación de sus componentes son los incendios en los basureros o la quema intencional de basura, que representa un aporte significativo de esos contaminantes al aire (Castro & Días, 2004).

Los constituyentes de las pilas tienen como vía de salida al medio ambiente, el agua que contienen todas las pilas en un importante porcentaje de su peso. Ese líquido viscoso con una alta concentración metálica junto con las aguas de lluvia que entran en contacto con estos residuos generan lo que se conoce como lixiviado. De este modo los metales pesados pasan a formar parte del lixiviado el cual se libera al ambiente.

Un factor importante que incentiva la movilidad del lixiviado, son las lluvias; éstas contribuyen para que el lixiviado pase a través de la tierra, contaminando tanto cuerpos de aguas subterráneos (napas subterráneas) como superficiales (lagos, ríos y mares). Una vez en ellos, los metales pesados se introducen en las cadenas alimentarias naturales, las mismas de las que se nutre el ser humano.

El escenario para las pilas se complica aún más por la creciente comercialización, en el mercado informal, de pilas cuya fragilidad de sus carcasas las

hace poco resistentes a la deformación y por ende más susceptibles al derrame de sus metales, y por el creciente aumento de terrenos ilegales para la disposición de la basura, entre ellos podemos mencionar los microbasurales y vertederos clandestinos, que “han aumentado considerablemente en Santiago” (Revista Ecoamérica, Junio 2007), y que según el último catastro de vertederos ilegales de residuos sólidos en la R.M del Seremi de Salud (2007), existen 63 hasta esa fecha. Estos sitios no cuentan con ninguna medida sanitaria o ambiental exigida por la ley, y agravan la contaminación por metales pesados si se encuentran cercanos a ríos, canales o lagos, pues al lixiviar los metales por los suelos y fluir por los cursos de agua y acuíferos, se potencia su dispersión por el ambiente.

Aún en el caso de rellenos sanitarios que disponen de tecnología para el tratamiento de lixiviados y gases, generalmente los metales pesados aportados por las pilas no son eficientemente retenidos y entorpecen los tratamientos biológicos (Martínez J. 2005), afectando incluso la operación del bioreactor que degrada la materia orgánica generando biogás. Más aún, las altas temperaturas existentes pueden producir gasificación de los metales presentes aumentando el riesgo de contaminación si no son debidamente capturados.

4.8 Alternativas de gestión de residuos de pilas.

La gestión ambientalmente adecuada de las pilas comienza con la elección del producto que luego se convertirá en el residuo que deberemos desechar. Dentro del alcance que posee el consumidor de pilas y baterías, para prevenir la contaminación al medio ambiente se destacan las siguientes medidas a implementar:

- 1) Evita el uso de pilas siempre que sea posible.
- 2) Preferir marcas de pilas alcalinas reconocidas en el mercado por su calidad, evitar el uso de pilas de origen desconocido que imitan los nombres de pilas reconocidas.
- 3) Preferir las pilas recargables con el fin de extender la vida útil del producto y prevenir la generación de residuos ya que este tipo de dispositivos pueden sustituir hasta 300 desechables.
- 4) No juntar pilas si es que no se cuenta con recursos para disponerlas en rellenos de seguridad. Una pila no representa un riesgo para la salud y el medio ambiente sin embargo muchas pilas juntas pueden representar un riesgo.
- 5) No enterrar las pilas, ya que contaminan la tierra, el subsuelo y el agua una vez que se oxide su cubierta de metal.
- 6) Evitar que lleguen a cuerpos de agua, nunca tirarlas al baño, ríos, lagunas o mar, ya que sus elementos contaminan el agua.

Aumentar la concientización de la población para minimizar el consumo de pilas en general y el de pilas que contengan mercurio y/o cadmio es otra alternativa que debe seguir impulsándose. Por otro lado se debe intervenir urgentemente para definitivamente establecer normas relativas a la puesta en el mercado de pilas y

baterías y, como en particular, la prohibición de la puesta en el mercado de pilas y baterías que contengan determinadas cantidades de sustancias peligrosas. Además de definir concretamente en el DS 148/2003 que clase de residuos son las pilas. De esta manera, al tener conocimiento de la clase de residuos que representan las pilas, se tendrían que poner en marcha normas específicas para la recolección, tratamiento, reciclaje y eliminación de este tipo de residuos.

Otra alternativa que se está barajando es obligar a los productores e importadores de distintos productos hacerse cargo de estos cuando se transforman en residuo. Basándose en los principios de "quien contamina paga" y de "responsabilidad extendida del productor".

V. DISCUSIÓN GENERAL

- Aun cuando no fueron cubiertas todas las marcas y tipos de pilas, la elección de las diez muestras estudiadas; 1) Duracell (alcalina), 2) Eveready extra Duration (alcalina), 3) Eveready Gold (alcalina), 4) Eveready (alcalina), 5) Double Power (cinc-carbón), 6) Rayovac Alcalina (alcalina), 7) Rayovac (cinc-carbón), 8) Bic (cinc-carbón), 9) Eurosun (cinc-carbón) y 10) Everpower (cinc-carbón), son lo suficientemente representativas ya que concuerdan con las estadísticas de importación respecto a los tipos, marcas, y tamaños más consumidos por la población chilena.
- Utilizando el sistema de clasificación de residuos peligrosos (DS 148/2003), concretamente la lista II (art. 18) del listado de categorías señalados en dicho Reglamento, es posible clasificar las diez pilas analizadas como residuos peligroso; pues según éste mismo se consideran como peligrosos los residuos que tengan como constituyentes los metales Cinc y selenio ambos considerados sustancias lo suficientemente riesgosas como para merecer tal distinción, y que fueron detectados en las pilas analizadas. Por lo demás contiene ácidos y bases que podrían atribuirle la característica de peligrosidad de corrosivo.
- Al evaluar el grado de peligrosidad por toxicidad extrínseca de éstas diez pilas (sistema de identificación) las muestras resultaron ser no peligrosas, en cuanto a ésta característica evaluada. Sin embargo respecto a lo dicho en el punto anterior, solo pudo ser evaluado el metal selenio, ya que el metal Cinc y el contenido de ácidos y bases no son evaluados por esta característica de peligrosidad (toxicidad extrínseca). Ésta aparente contradicción entre ambos sistemas (de identificación y clasificación) se resuelve basándose en el “principio precautorio” donde prevalece la calificación de residuos peligroso, a menos claro, que su generador demuestre ante la autoridad

sanitaria que el residuo en cuestión no presente ninguna de las seis características de peligrosidad descritas en dicho Reglamento. En otras palabras cualquier residuo que pueda ser clasificado en los listados de categorías definidas en el Reglamento (A, I, II, III P, U) o presente alguna de las características de peligrosidad será considerado peligrosos hasta que su generador demuestre lo contrario.

- De acuerdo a los resultados, las pilas alcalinas y cinc-carbón generados a nivel domiciliario no presentan la característica de toxicidad por lixiviación (toxicidad extrínseca). Sin embargo, de todos modos les correspondería la clasificación de residuos peligrosos, ya que resultó negativa para tan solo una de las 6 características de peligrosidad. No obstante, la fracción analizada sólo representa una pequeña parte de la enorme cantidad de marcas conocidas y desconocidas que ingresan a nuestro país. Por consiguiente es necesario realizar una caracterización total de la peligrosidad de las pilas comercializadas en el mercado Chileno, sobre todos pilas de procedencia desconocida.
- En la actualidad, Chile no cuenta con tecnología para reciclar pilas. Desde el punto de vista económico el reciclarlas significa un elevado costo, tanto es así que, en nuestro país no está considerado. No existe un plan a nivel nacional en cuanto al reciclaje de pilas. La única empresa que cuenta con instalaciones para la disposición final de pilas es Hidronor Chile S.A. que mediante procedimientos de inertización, separan los metales peligrosos para luego confinarlos en tambores sellados, llevados a depósitos de seguridad que son monitoreados constantemente. Sin embargo este procedimiento presenta un elevado costo, correspondiente a UF10+IVA (aproximadamente 375 USD) por tonelada, lo que dificulta el desarrollo de campañas de recolección de estos dispositivos a nivel masivo. Si bien se han logrado impulsar innumerables campañas de recolección emergentes de entidades tanto públicas como privadas (colegios,

universidades, municipios) éstas a fin de cuentas no logran perdurar en el tiempo, debido principalmente al escaso financiamiento que presentan.

- Considerando la Política de Gestión Integral de Residuos Sólidos, aprobada por el consejo directivo de CONAMA en enero del 2005 y basado en uno de los principios rectores "el que contamina paga", deberían ser las propias empresas de pilas las encargadas de su reciclaje o bien implementar un sistema de recolección y disposición que asegure un almacenamiento óptimo de estos productos una vez que finalice su tiempo de vida útil. Es por ello que una de líneas que se está trabajando para mejorar la situación de los residuos en Chile, es la actualización de la Política de Gestión Integral de Residuos Sólidos y la elaboración de un proyecto de Ley General de Residuos basado en los principios de la estrategia jerarquizada y la responsabilidad extendida del productor (REP) que obliga a los productores e importadores de distintos productos hacerse cargo de éstos cuando se transforman en residuo. En particular, a nivel de países desarrollados, en la mayoría de ellos se está implementando este principio. La entrada en vigencia de Ley de Residuos y sus respectivos reglamentos que incorporen la REP para productos específicos, permitirá aumentar el reciclaje y por ende, todos los mercados que se insertan en la valorización de los residuos. Ejemplo de ello es que CONAMA, en conjunto con la Agencia de Cooperación del Gobierno Alemán, GTZ, realizaron un estudio denominado "Evaluación de impactos Económicos, Ambientales y Sociales de la Implementación de la Responsabilidad Extendida del Productor (REP) en Chile" para cuatro productos fuera de uso: Neumáticos, Baterías, Electrónicos (computadores y celulares) y Aceites, cuyos resultados proporcionan los antecedentes suficientes como para elaborar el primer borrador sobre los reglamentos de responsabilidad extendida del proveedor, para estos cuatro productos. Respecto a las pilas como producto comercial, el presente

estudio forma parte de la evaluación que se está realizando en relación a la peligrosidad de las pilas en desuso comercializadas en el país y la futura evaluación de la implementación de REP para ésta clase de productos.

- El Ingreso de Chile a la OCDE (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico) es otro factor que ayudará a la gestión ambientalmente adecuada de pilas pues, para ésta organización, el medio ambiente es una de las materias más importantes. Por lo mismo nuestro país debió aceptar y comprometerse a asumir las obligaciones y recomendaciones contenidas en los instrumentos de dicha organización. Valga como ejemplo, en relación a la gestión de pilas, es que la OCDE acordó que la industria debe trabajar junto a los gobiernos para facilitar la recolección de las baterías de NiCd.
- Con respecto a las limitaciones técnicas de la metodología EPA-1311 para el Test de Toxicidad por Lixiviación aplicable a la evaluación de toxicidad de residuos constituidos por pilas, puede que este ensayo no sea el más indicado para evaluar la toxicidad de los residuos de pilas en desuso, pues no fue diseñado para la caracterización de toda clase de residuos. Por otro lado la norma Chilena no contempla el aporte de otros elementos para determinar la característica de toxicidad por lixiviación (extrínseca), como por ejemplo es el caso de los metales Zn y Mn que se encontraron presentes en altas concentraciones en los lixiviados analizados, principalmente en pilas alcalinas (Zn-MnO₂).
- En cuanto a la influencia del tamaño de partícula establecido por la metodología TCLP, debido a la dificultad de su ejecución y la variada composición de las pilas, resulta necesario evitar la pérdida de estructura interna al procurar lograr el tamaño de partícula solicitado, por este motivo es necesario adquirir del instrumental adecuado para desmontar el blindaje y evitar así las pérdidas. La utilización del dispositivo

desbastador (marca Dremel) y tijeras para metal para el proceso de desensamble, corte y reducción de tamaño, fue establecido como la técnica más adecuada, debido a la baja pérdida de material en el proceso, comparado con las otras metodologías empleadas; por la facilidad de separar la cobertura metálica y los electrodos de las pilas, obteniéndose ambos prácticamente íntegros; y en resumidas cuentas por lo fácil y rápido del procedimiento.

- Se recomienda que para análisis futuros de toxicidad extrínseca se utilicen muestras de pilas usadas, pues el estado en que se encuentran sus metales normados por el DS 148/2003, los hace mucho más disponibles a ser lixiviados en comparación con pilas nuevas donde, la movilidad de los metales reglamentados resultó ser no detectada. Esto quedó demostrado en la comparación del análisis de toxicidad por lixiviación (TCLP) para pilas nuevas y usadas (ver punto 4.5.2.2 y 4.5.2.3). Sin embargo esta recomendación no debe ser tomada de forma absoluta por dos razones principalmente. La primera resulta en base a los resultados obtenidos de los análisis efectuados, pues si bien para los análisis de pilas usadas, los metales reglamentados resultaron aportar mayores concentraciones que en el caso de pilas nuevas; para los otros metales analizados (no reglamentados, CMP) como el caso del cinc, el manganeso y el hierro la situación resultó diferente; la pila nueva lixivió mayor contenido del metal cinc pero menor cantidad de manganeso mientras que la pila usada el resultado fue a la inversa, es decir se detectaron mayores concentraciones de manganeso pero menores de cinc. Esto nos indica que el metal cinc se encuentra más disponible a ser lixiviado en la pila nueva que en la pila usada, mientras que para el metal manganeso la cantidad potencialmente lixiviada resulta mayor para la pila usada que para la pila nueva. Consecuentemente éste hecho podría resultar relevante y debiese considerarse a la hora de definir qué tipo de pila se utilizara para los

análisis. La segunda razón radica en que no solo pilas usadas son desechadas, claro está que cuando el producto importado se encuentra, en sí mismo, defectuoso ya sea en el embase propiamente tal, o no cumple con las escasas normativas de rotulado, éste en ocasiones es eliminado por el importador pues resulta más económico que regresarlo al país de origen para ser reparadas.

- Las diferencias de concentración detectadas entre pila nueva y usada se deben a una limitante que presenta la metodología TCLP, la cual solo permite medir la cantidad de contaminantes potencialmente lixiviados y no el total de estos (Ver punto 2.7.3).
- En relación con la influencia del tiempo de extracción, si bien el análisis de TCLP-Extendido presentó, sólo para el caso de metales no reglamentados, grandes diferencias en comparación con el análisis TCLP tradicional (18 hrs), tomando en consideración el aspecto económico, no resultaría rentable realizar una lixiviación por un período de tiempo tan extendido, pues si el costo de la metodología aumenta el precio de venta del servicio también debiese aumentar. Además la rapidez de los resultados a la hora de tomar una decisión correcta en torno a la disposición final de un residuo resulta fundamental y por tanto un tiempo de análisis mayor a 18 horas entorpecería la gestión adecuada para el manejo de residuos peligrosos. Aparte las condiciones en las que fue establecido el test TCLP son inalterables. Es por ello que se establece que el uso de este ensayo puede que no sea suficiente para evaluar la toxicidad por lixiviación de los residuos de pilas.
- El zinc y el manganeso fueron los metales que lixiviaron en mayor cantidad asociado con las pilas de alcalinas y cinc carbón. Estudios realizados en Japón y otros países (Bélgica y Canadá) han demostrado que los residuos de este tipo de pilas no representan un riesgo para la salud de la población ni para el medio ambiente, por la baja toxicidad de estos metales y por la presencia de los mismos en la Naturaleza. Sin

embargo, según el Reglamento sobre Condiciones Sanitarias y de Seguridad Básicas en los Rellenos Sanitarios (D.S 189/2002), bajo ninguna circunstancia un relleno sanitario puede recibir residuos peligrosos, de ahí que la disposición final de pilas en desuso en el relleno de sanitario junto con el resto de los residuos domiciliarios sería considerada actualmente como una práctica ilegal. A no ser que se demuestre la total inocuidad de las pilas como residuo.

- Con respecto al análisis de la composición de las muestras, comparadas entre sí, las tres muestras que presentan mayor contenido total de metales son Rayovac, Eveready y Rayovac Alcalina. Por su parte, el más bajo contenido lo presentan las marcas de Eveready Extra Duration seguidas por Eveready Gold y Double power.
- Aun cuando todas las marcas de pilas analizadas superaron los límites máximos permitidos respecto al contenido total de alguno de los 7 metales analizados, revelando la presencia de dichos metales en cantidades potencialmente suficiente para sobrepasar los límites de concentración en el extracto TCLP, a la luz de los resultados es claro que esto no ocurrió pues los análisis de toxicidad por lixiviación resultaron negativos para todas las muestras de pilas analizadas, concediéndoles la calificación de residuos no tóxico por lixiviación (sin embargo esto no quiere decir que el residuo en cuestión no sea peligroso, solo indica que no presenta una de las seis características de peligrosidad; la de toxicidad por lixiviación). Asimismo los niveles regulatorios relativos al contenido total de metales sólo pueden ser utilizados por el generador para demostrar que su residuo no presenta la característica de toxicidad por lixiviación, no así por la autoridad sanitaria para demostrar que sí lo son, pues para tal caso se utiliza exclusivamente el análisis TCLP.

VI. CONCLUSIONES

- En Chile cerca de 100 millones de pilas son importadas cada año, lo que representa un consumo promedio anual de 6,3 pilas por habitante.
- Actualmente se desechan más de 80 millones de pilas al año, que son eliminadas principalmente junto con el resto de los residuos domiciliarios.
- En estos últimos 10 años han ingresado 1602 millones de unidades de Pilas, de las cuales el principal tipo que ingresa al mercado Chileno son las denominadas pilas alcalinas o de cinc dióxido de manganeso ($Zn-MnO_2$), representando el 54,52% del total. En menor grado se generan las pilas del tipo cinc carbón ($Zn-C$) con un 19,76%, y las denominadas otras (sin clasificación) con un 13,70%.
- Respecto al tamaño observamos que las pilas doble A (AA) lideran este ranking con 34,52% seguidas de las triple A (AAA) con un 13,48%, luego las de tipo Botón con el 4,26%, las tipo D con el 4,17%, las tipo C con el 1,20% y por último el tipo 9V con un 0,52%, esto sin considerar a las otras pilas cuyo tamaño se encuentra sin especificar y que representa el 41,85% en las importaciones.
- Una marca que se ha posicionado como líder en el mercado de importaciones de pilas en Chile, es Duracell que lidera con un 21,52%, siguiéndola en segundo lugar Eveready con un 9,90% y Rayovac con un 9,14%, en tercer lugar.
- En cuanto a la procedencia de las pilas, éstas provienen principalmente de la Republica Popular de China, E.E.U.U y Brasil concentrando más del 65% de las importaciones.
- Los objetivos, tanto general como específicos se han cumplido, pues se pudo evaluar el grado de peligrosidad por toxicidad extrínseca de 10 pilas de uso doméstico de diferentes marcas y tipos.

- Utilizando el sistema de clasificación de residuos peligrosos (DS 148/2003), las diez pilas analizadas; 1) Duracell (alcalina), 2) Eveready extra Duration (alcalina), 3) Eveready Gold (alcalina), 4) Eveready (alcalina), 5) Double Power (cinc-carbón), 6) Rayovac Alcalina (alcalina), 7) Rayovac (cinc-carbón), 8) Bic (cinc-carbón), 9) Eurosun (cinc-carbón) y 10) Everpower (cinc-carbón), le correspondería la clasificación como residuos peligrosos, por lo que se recomienda que se realice una caracterización completa de la peligrosidad de estos residuos; análisis de corrosividad y toxicidad aguda por sobre todo.
- Según los ensayos realizados a través del método de lixiviación TCLP en cumplimiento de la Norma: DS 148/2003 Minsal “Reglamento Sanitario sobre el Manejo de Residuos Peligrosos”, las 10 pilas de uso doméstico evaluadas no presentan la característica de toxicidad por lixiviación, en cuanto a los parámetros Arsénico, Bario, Cadmio, Cromo, Plomo, Selenio y Plata analizados. Sin embargo, de todos modos les correspondería la clasificación de residuos peligrosos, ya que sólo se evaluó una de las 6 características de peligrosidad.
- Con respecto al análisis de la composición de las muestras, comparadas entre sí, las tres muestras que presentan mayor contenido total de metales pesados son Rayovac, Eveready y Rayovac Alcalina. Por su parte, el más bajo contenido lo presentan las marcas de Eveready Extra Duration seguidas por Eveready Gold y Double power.
- Utilizando normativas internacionales respecto al contenido máximo de Cadmio y Plomo presente en las pilas, se determinó que 8 de las 10 marcas de pilas analizadas calificarían como residuos peligrosos, esto es; Eveready extra Duration (alcalina), Eveready Gold (alcalina), Eveready (alcalina), Double Power (cinc-carbón), Rayovac (cinc-carbón), Bic (cinc-carbón), Eurosun (cinc-carbón) y Everpower (cinc-carbón), sin embargo tal distinción no es aplicable legalmente en Chile.

- Bajo las condiciones del estudio, no hay pruebas concluyentes para asegurar que este tipo de pilas dispuestas en los rellenos sanitarios de la Región Metropolitana estén provocando un perjuicio sobre el medio ambiente. Sin embargo sería considerado una práctica ilegal, por el hecho de ser residuos presuntamente peligrosos.
- Respecto a la evaluación del riesgo se puede decir que las pilas analizadas dispuestas exclusivamente en los rellenos sanitarios no representarían un riesgo significativo para la salud de la población y para el medio ambiente, ya que los lixiviados generados son captados y tratados adecuadamente. Sin embargo la eliminación de muchas pilas juntas, en vertederos ilegales o botaderos, pueden representar un riesgo para la salud y el medio ambiente.
- En cuanto a la gestión internacional de pilas en desuso, desde el 26 de septiembre de 2008, el reciclaje de pilas de uso general y las alcalinas es obligatorio en la Unión Europea, además se establece que todas las pilas comercializadas posean un símbolo de recogida por separado que indica a los consumidores la prohibición de eliminarlos junto con los residuos domiciliarios. Sin embargo la clasificación como residuos peligroso solo es concedida a estos residuos si superan los límites máximos permitidos por la normativa.
- En cuanto al posible tratamiento en Chile para los residuos de pilas en desuso, se destacan que las únicas alternativas disponibles actualmente serían la disposición final, sin ninguna modificación en relleno sanitario, la disposición final en un relleno de seguridad o la exportación, sin embargo cada una de ellas tiene que ser evaluada en términos tanto económicos, tecnológicos como sociales. La implementación de otras opciones para el manejo de pilas en desuso de igual forma deben ser evaluadas. Existen estudios que indican que el costo financiero de reciclado y/o confinamiento controlado de las pilas usadas resulta significativamente alto con respecto al beneficio

ambiental obtenido, que esencialmente lo es con respecto al agotamiento de recursos, cuando se compara con el desecho de las pilas con los residuos sólidos urbanos. (Roman G. 2008).

- Desde el punto de vista ambiental el tratamiento efectuado actualmente a las pilas recolectadas (inmovilización y disposición en relleno de seguridad) no es la mejor solución, ya que no se reúsan o recupera los materias. Por lo demás el confinamiento es insuficiente respecto a la enorme cantidad de desechos de pilas que se generan anualmente.
- Entre los vacíos legales existentes en Chile que impiden una adecuada gestión de residuos de pilas en desuso, se pueden mencionar los siguientes: inexistencia de una normativa específica para los residuos de pilas domiciliarias, incompetencia del DS 148/03 para ésta clase de residuos (no figuran como residuos peligrosos, sólo incluye a ciertos elementos constituyentes presentes en las pilas), la ausencia de normas que regulen el ingreso de pilas al mercado nacional, la falta de control aduanero, la inexistencia de límites para el contenido de metales pesados y, finalmente la carencia de reglamentación para el rotulado de las pilas.
- El Test de Toxicidad por Lixiviación (TCLP) para la evaluación de toxicidad extrínseca de los residuos puede no ser apropiado para evaluar la toxicidad de los residuos de pilas en desuso, pues no fue diseñado para la caracterización de toda clase de residuos, hecho que queda ilustrado en la dificultad de reducción del tamaño del residuo según lo estipulado por el procedimiento. Este modelo químico no permiten evaluar interacciones entre sustancias presentes en el residuo y el medio biótico circundante; considera una limitada lista de compuestos (normados), y de ellos solo permite medir la cantidad de contaminantes potencialmente lixiviados y no el total presente en el residuo.

- Mientras no se compruebe la total inocuidad de las pilas y se sigan eliminando junto con el resto de la basura domiciliaria, se recomienda, a modo de prevención, el uso de pilas alcalinas y cinc-carbón de marcas ampliamente reconocidas en el mercado, puesto que en esos casos, el control sobre el proceso de producción de la pila y la normativa ambiental aplicable son más estrictos. Como resultado se obtendría un residuo con menos contaminantes al tiempo de desecharlo.
- En el caso que las pilas no presentarán ninguna de las cinco características de peligrosidad restantes su eliminación junto con los demás residuos domésticos no representa una solución ambientalmente adecuada. Las pilas son residuos no biodegradables y contienen metales pesados en su composición química, si bien forman parte de los residuos domiciliarios puesto que surgen del flujo habitual de los residuos domésticos, su eliminación en grandes cantidades podría acarrear algunos problemas, por lo cual, sería aconsejable tratarlas o disponerlas en forma separada del resto para así recuperar los materiales valiosos que las componen.

VII. REFERENCIAS

- A.M. Bernardes, D.C.R. Espinosa, J.A.S. Tenorio, y col, 2004. Recycling of batteries: a review of current processes and Technologies. Journal of Power Sources, 130 (1-2), pp. 291-298.
- Aguiluz Lizly; Torres Mariela., y col, 2006. Diagnóstico de la gestión de pilas y su peligrosidad como residuos en Chile. Memoria de Ingeniero de ejecución en ambiente, Santiago, Universidad de Santiago de Chile, Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Geográfica (DIGEO).
- Allevato Hugo. 2001. Pilas y baterías: reuso y reciclaje en Argentina, aspectos tecnológicos. [Diapositiva] Buenos Aires, Argentina. [En línea]. Red Panamericana de Manejo Ambiental de Residuos (REPAMAR). <<http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/congreso/anibat.pdf>> [Consulta: 07 octubre 2009].
- Allevato Hugo. 2001. Reciclaje de pilas y baterías en Argentina: aspectos tecnológicos. [en línea]. Red Panamericana de Manejo Ambiental de Residuos (REPAMAR), Buenos Aires, Argentina. <<http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/cd48/pilas.pdf>> [Consulta: 07 octubre 2009].
- Araya Donoso. 2002. Diagnóstico de Reciclaje y Almacenamiento de Pilas en Chile. Memoria de Ingeniero de ejecución en ambiente, Santiago, Universidad de Santiago de Chile, Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Geográfica (DIGEO).
- Argentina. Congreso de la Nación. 2006. Ley No. 26.184 Prohíbe la fabricación, ensamblado, comercialización e importación de pilas y baterías primarias con las características que se establecen, 26 diciembre. 2006.

- Arrieta Patton, Jorge y Lujan Perez, 2007. Caracterización de la generación y evaluación de riesgos de las pilas y baterías en desuso en la Ciudad de Cochabamba. Departamento de Ciencias Exactas e Ingeniería, Universidad Católica Boliviana. RevActaNova., vol.3, no.4, p.627-659. [En línea]. <http://www.revistasbolivianas.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1683-07892007000200002&lng=es&nrm=iso>. ISSN 1683-0789 [consulta: 29 de julio de 2010].
- Asociación Mexicana de Pilas (AMEXPILAS).
- ATSDR (Agency for Toxic Substances and Disease Registry). 1998. Evaluación de Riesgos en Salud por la exposición a Residuos Peligrosos. [En línea]. Departamento de Salud Humana y Servicios de EEUU. Atlanta, Georgia. <<http://desastres.unanleon.edu.ni/pdf/2002/octubre/pdf/spa/doc11119/doc11119.htm>> [Consulta: 05 octubre 2009].
- ATSDR, (2003). Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades. ToxFAQs™. [en línea]. <http://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es_tfacts15.html>
- Basurto Daniel. 2006. Mitos y realidades de productos y materiales: Pilas y Baterías. [En línea]. II seminario sobre residuos. <<http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/congreso/anibat.pdf>> [Consulta: 06 septiembre 2009].
- Bolivia. Observancia-Centro Interdisciplinario. 2007. Proyecto de Ley: de Residuos Peligrosos: ingreso, uso y disposición final de pilas y baterías. 15 Marzo 2007.
- Camacho Karla. 2006. Importancia del tratamiento de las pilas descartadas. [en línea] Conciencia Tecnológica (032). Instituto Tecnológico de Aguascalientes, México. <<http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=94403218>> ISSN 1405-5597 [consulta: 3 de septiembre de 2009].

- Cardoso Gustavo, Rivero Edgar, y col, 2007. Revisión y análisis de las características del manejo ambiental de pilas y baterías en Bolivia. Reporte final. [en línea]. Observancia-Centro Interdisciplinario. <<http://www.observancia.org/pdf/investigacion.pdf>> [consulta: 07 de agosto de 2009].
- Castro J., Díaz M.L, y col, 2004 Contaminación por pilas y baterías en México. [en línea] Gaceta Ecológica (072): pp. 53-74 .Instituto Nacional de Ecología (INE), México. <<http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=53907205>> ISSN 1405-2849 [consulta: 11 de octubre de 2009].
- CF-CBBA, 2009. Diagnóstico de la cadena de pilas y baterías. Proyecto Ciudades Focales Cochabamba: Sistema de Gestión Integrada de Residuos Sólidos para la ciudad de Cochabamba (SGIRS). [En línea] <<http://www.sgab-bolivia.org/pdf/2CF-CBBADiacadenapilasybaterías.pdf>>. [consulta: 29 de julio de 2010].
- Chile. Ministerio de Salud. 2003. DS. N° 148: Reglamento Sanitario sobre Manejo de Residuos Peligrosos. 12 junio 2003.
- Choussy Cáceres, D. 2004. Estudio de una tecnología para el reciclaje de los componentes de baterías de Ni- Cd. Tesis Licenciatura. Ingeniería Química con área en Ingeniería Ambiental. Departamento de Ingeniería Química y Alimentos, Escuela de Ingeniería, Universidad de las Américas Puebla. Cholula, Puebla, México. [En línea] <http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/leia/choussy_c_d/indice.html>. [consulta: 27 de agosto de 2010].
- Cordero R, Velasco M, y col. 2009. Contaminación de Agua por Pilas Botón. Trabajo de investigación apoyado por la Facultad de Ingeniería Química, la Facultad de Ciencias de la Electrónica y el Departamento de Tecnología del Agua

- del ICUAP de la BUAP. México. [En línea] <http://www.uaemex.mx/Red_Ambientales/docs/memorias/Extenso/CA/EC/CAC-08.pdf>. [consulta: 28 de mayo de 2010].
- Correia de Soto A, Martín de Armando ML. 2005. Propuesta de un plan de manejo de baterías usadas de teléfonos celulares en Venezuela. Ingeniería UC. Vol12 (002) pp. 32-41. [En línea]<<http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=70712205>> ISSN 1316-6832 [consulta: 11 de agosto de 2010].
 - ECOING Ltda. 2010 “Evaluación de Impactos Económicos, Ambientales y Sociales de la Implementación de la Responsabilidad Extendida del Productor en Chile” Documento elaborado por profesionales del Ministerio del Medio Ambiente MMA (Ex CONAMA) en conjunto con la Agencia de Cooperación del Gobierno Alemán y it (GTZ).
 - EPA. (Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos de América). 1999. Guidelines for Ecological Risk Assessment. [En línea]. EPA/630/R-95/002F. 188p<http://oaspub.epa.gov/eims/eimscomm.getfile?p_download_id=36512> [Consulta: 05 octubre 2009].
 - García Arturo, Leonora Rojas, Juan Barrera. 2009. Las pilas en México: un diagnóstico ambiental. [En línea]. Primera edición. Instituto Nacional de Ecología (INE), México. <http://cms1.ine.gob.mx/descargas/sqre/pilas_diag_amb.pdf. [consulta: 11 de octubre de 2009].
 - García I. & Dorronsoro C., 2011 “Información acerca del suelo”. [En línea]. Libros electrónicos y monografías. Contaminación del suelo. Tema 15: Contaminación por metales pesados. Departamento de Edafología y Química agrícola. Facultad

- de Granada España. España. < <http://edafologia.ugr.es/conta/tema15/introd.htm>>. [consulta: 9 de Marzo o de 2009].
- Garrido Noelia. 2006. Diagnóstico de la implementación del Decreto Supremo N° 148 sobre planes de manejo de residuos peligrosos en la Región Metropolitana. Memoria de Ingeniero de Ejecución Ambiental Santiago, Universidad de Santiago de Chile, Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Geográfica (DIGEO). En línea] <www.digeo.cl/doc/Garrido_Andrade_Noelia.pdf>. [consulta: 12 de Enero de 2010].
 - Gomez Gomez M., y col. 2010. Posibilidades de Tratamiento de Residuos de Pilas Y Baterías. Universidad de Murcia. Comunicaciones técnicas presentadas al congreso nacional de medio ambiente. Madrid. España. [En línea]<<http://www.conama10.es/conama10/download/files/CT%202010/1000000204.pdf>>. [consulta: 19 de diciembre de 2010].
 - Greenpeace, 2010. Gestión de Residuos de Pilas y Baterías. Residuos de Aparatos Electrónicos y Eléctricos (RAEE), Campaña contra la Contaminación. [En línea] <<http://www.greenpeace.org/argentina/Global/argentina/report/2010/7/informe-gestion-pilas-baterias.pdf>>. [consulta: 12 de Enero de 2010].
 - Ilustre Municipalidad de Valparaíso. 1999. Diagnóstico y manejo de pilas: informe final. [En línea]. Secretariado de Manejo del Medio Ambiente para América Latina y el Caribe. <www.idrc.ca/uploads/user-S/11368083201residuos_cl-valparaiso.pdf> [consulta: 26 de octubre de 2009].
 - Instituto de Ecología Política. 2003. Campaña de las pilas. [en línea]. <<http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/cd27/campanapilas.pdf>> [consulta: 02 de noviembre de 2009].

- Instituto de Protección al Medio Ambiente. 2008. Gestión Integral de pilas primarias en el municipio de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. Guía Técnica. Elaborado por el Ayuntamiento de Tuxtla Gutiérrez, como responsable del Plan en coordinación con las Delegaciones Federales de la Secretaría de Medio ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) y la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA) y con la empresa PROACTIVA Tuxtla S.A. México.
- Lemke Astrid. 2004. Manejo de Residuos Sólidos en 5 Ciudades de la Xa Región: Clasificación y posibles tratamientos de pilas usadas: opciones para las 5 comunas del proyecto Girasol. [en línea]. Proyecto intercomunal gestión integral de residuos sólidos (GIROSOL). Chile <<http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/cd48/opciones.pdf>> [Consulta: 02 noviembre 2009]
- Lenntech. Clasificación periódica de los elementos químicos: Tabla Periódica [En línea] < <http://www.lenntech.com/espanol/tabla-periodica.htm> > [consulta: 12 de mayo de 2010].
- Marcela de Luca, Néstor Giorgi, y col. 2009. Estudio para la identificación y análisis de pilas y baterías [En línea]. Instituto de Ingeniería Sanitaria y Ambiental. Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de Buenos Aires. <[http://www.foroambiental.org.ar/IMG/pdf/Informe Muestreo de Pilas.pdf](http://www.foroambiental.org.ar/IMG/pdf/Informe_Muestreo_de_Pilas.pdf)> [consulta: 14 de diciembre 2009].
- Marolia Khush. 2007. Evolución de la colección y reciclaje de pilas en Europa. Presentación realizada en el Foro Internacional de Pilas organizado por SEMARNAT. Ciudad de México.
- Martínez Javier. 2005. Guía para la Gestión Integral de Residuos Peligrosos. Fichas Temáticas. Tomo II. Pilas y Baterías Domésticas. [en línea]. Centro

- Coordinador del Convenio de Basilea para América Latina y el Caribe. Montevideo
Cáp. 11, pp. 89-94. <http://www.basel.int/centers/proj_activ/stp_projects/08-03.pdf> [consulta: 10 de septiembre de 2009].
- Méndez P., Velasco M., y col. 2009. CONTAMINACIÓN DE AGUA POR PILAS ALCALINAS TIPO AA. Trabajo de investigación apoyado por la Facultad de Ingeniería Química, la Facultad de Ciencias de la Electrónica y el Departamento de Tecnología del Agua del ICUAP de la BUAP. México. [En línea]<http://www.uaemex.mx/Red_Ambientales/docs/memorias/Extenso/CA/EO/CAO-12.pdf>. [consulta: 28 de mayo de 2010].
 - Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial y Universidad Nacional de Colombia (MAVDT – UN). 2008. Pilas primarias y secundarias. Convenio de cooperación científica y tecnológica para desarrollar actividades relacionadas con la gestión de residuos posconsumo de fuentes de iluminación, pilas primarias y secundarias No. 031.Colombia.
 - New Technology Batteries Guide. Available Battery Types. NIJ Guide 200-98. [En línea]. National Institute of Justice. U.S. Department Of Justice 1998 <<http://ncjrs.org/pdffiles/172868.pdf>>. [consulta: 07 de abril de 2010].
 - Nivea M Vega Longo y col, 2002. Impactos sanitarios e ambientais devido aos residuos gerados por pilhas e baterias usadas. Memorias XXVIII Congreso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y ambiental, México. [En línea] <<http://www.greenpeace.org/argentina/Global/argentina/report/2010/7/informe-gestion-pilas-baterias.pdf>>. [consulta: 12 de Enero de 2010].
 - P. Selvapathy, S.D. Madhavan, y col, 2003. Risk Assessment of used Household Batteries in the Municipal Solid Waste - A Case Study [En línea]. Workshop on Sustainable Landfill Management 3–5 December, 2003; Chennai, India, pp. 219-

224. <<http://www.swlf.ait.ac.th/data/Anna%20University%20National%20Workshop%20on%20Sustainable%20Landfill%20Manage/Chennai%20Workshop%20pdf/Risk%20Assessment%20of%20used%20Household%20Batteries%20in%20the%20Municip..pdf>> [consulta: 26 de octubre 2009].
- Prósperi Susana, Molina María, y col, 1998. Impacto ambiental producido por pilas en desuso. [en línea]. Mendoza. Argentina. Universidad Nacional de Cuyo. Facultad de ciencias aplicadas a la industria. <<http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/impactos/peru/argiaa023.pdf>> [Consulta: 28 octubre 2009].
 - Residuos tóxico domiciliarios: 1er al 5to Informe Técnico para la Campaña "Ponte las pilas en el Taller Ecologista" 1996. [en línea]. <http://www.taller.org.ar/menu/archivos/Informe_Pilas_I.pdf> [Consulta: 13 septiembre 2009].
 - Rihm A., Arellano J., y col. 1998. Uso de test de lixiviación para caracterización de residuos del área minera y reflexiones sobre gestión de residuos peligrosos en América Latina. División de Recursos Hídricos y Medio Ambiente y Centro Nacional del Medio Ambiente (CENMA), Universidad de Chile. [En línea] <<http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/resisoli/peru/chires020.pdf>> [consulta: 4 de Abril de 2010].
 - Rihm Alfredo. 2004. Diplomado en Manejo de Residuos Sólidos: Residuos sólidos industriales y peligrosos. Universidad De Chile. Facultad De Ciencias Físicas y Matemáticas. [En línea] <https://www.ucursos.cl/diplomados/2004/2/DMA27/1/material_docente/objeto/50148>. [consulta: 24 de Mayo de 2010].

- Rodríguez E, Amaya A., Colín A, Sánchez J.C. y col, 2009. Riesgo ambiental por la disposición final de pilas en la zona metropolitana del valle de Toluca (ZMVT). [En línea]. Universidad Autónoma del Estado de México, Facultad de Química <http://www.uaemex.mx/Red_Ambientales/docs/congresos/Ciudad%20Obregon/GESTION_AMBIENTAL/GA005.doc> [Consulta: 28 octubre 2009].
- Román. G. 2008. Determinación de peligrosidad de pilas usadas complementada con análisis de ciclo de vida. Instituto Politécnico Nacional junto al Centro Interdisciplinario de Investigaciones y Estudios sobre Medio Ambiente y Desarrollo (IPNCIEMAD). México. [En línea] <http://www.amexpilas.org/estudios/nac_ipn_analisis_ciclovida_pilas.pdf>. [consulta: 12 de agosto de 2010].
- Román. G. 2008. Determinación de peligrosidad de pilas usadas complementada con análisis de ciclo de vida. Instituto Politécnico Nacional junto al Centro Interdisciplinario de Investigaciones y Estudios sobre Medio Ambiente y Desarrollo (IPNCIEMAD). México. [En línea] <http://www.amexpilas.org/estudios/nac_ipn_analisis_ciclovida_pilas.pdf>. [consulta: 12 de agosto de 2010].
- Sanchez Méndez, Velazco Hernández, y col, 2009. Contaminación de agua por pilas alcalinas tipo AA. [En línea]. Universidad Autónoma del Estado de México, Facultad de Química. <http://www.uaemex.mx/Red_Ambientales/docs/memorias/Extenso/CA/EO/CAO-12.pdf> [Consulta: 28 octubre 2009].
- Servicio Nacional Del Consumidor (SERNAC). Departamento De Estudios 2003. Pilas alcalinas de uso doméstico: Costo de uso, Duración e Impacto Ambiental de

- su desecho como Residuo Sólido. [en línea] Santiago de Chile. <www.sernac.cl/download.php?id=800&n=3> [consulta: 31 agosto 2009].
- Solano A. 2005. Movilización de metales pesados en residuos y suelos industriales afectados Por la hidrometalurgia del cinc [En línea]. Memoria de título para optar al grado de Doctor. Universidad de Murcia. Facultad de Química Departamento de Química Agrícola, Geología y Edafología. España <<http://tdx.cat/bitstream/handle/10803/11036/Tasm03de16.pdf?sequence=3>> [consulta: 21 marzo 2009].
 - Solórzano Ochoa. 2001. Revisión y análisis de las experiencias de Argentina, Brasil, Colombia, Ecuador y México respecto de los cinco elementos claves para el manejo ambiental de pilas y baterías. [en línea]. Centro Nacional de Investigación y Capacitación Ambiental (CENICA), México. <www.cepis.org.pe/bvsars/e/fulltext/pilas/pilas.pdf> [consulta: 07 de agosto 2009].
 - Steubing Bernhard. 2007. Generation in Chile. Situation, analysis and an estimation of actual and future computer waste quantities using material flow analysis. [En línea]. Tesis de grado, Institute of Environmental Science and Technology / Technology and Society Lab., Federal Institute of Technology (EPFL) / Federal Institute for Material Testing and Research (EMPA): Lausanne / St.Gallen, Switzerland. <www.residuoselectronicos.net>
 - Trejo Vázquez, Rodolfo Márque, Patricia Reyna, y col, 2008. Estimación del potencial contaminante por pilas en el relleno sanitario "San Nicolás", de la ciudad de Aguascalientes, México. [en línea]. Investigación y Ciencia Vol. 1, (041): pp. 4-8. <<http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=67404102>> ISSN 1665-4412 [consulta: 07 de agosto de 2009].

- Urbina Javier. 2008. Informe final del estudio: Percepción de riesgos sobre el consumo y disposición de pilas primarias y secundarias en poblaciones de México. [En línea]. Instituto Nacional de Ecología. <http://cms1.ine.gob.mx/descargas/sqre/2008_inf_final_pilas_psicologia.pdf> [Consulta: 08 Septiembre 2009].
- Ustarán, J.I, y col, 2007-2008. Evaluación de la liberación de sustancias potencialmente tóxicas por la disposición de pilas primarias y secundarias. Fase I: muestreo y Fase II: análisis químicos y procesamiento de resultados. [En línea]. Instituto Nacional de ecología-Laboratorios ABC Química investigación y análisis. <http://www.ine.gob.mx/descargas/sqre/2007_inf_1era_fase_abc.pdf>; <http://www.ine.gob.mx/descargas/sqre/2008_res_ejec_c_riesgos.pdf> [Consulta: 08 Septiembre 2009].
- Vidal Ana María. 2001. Pilas y baterías [Diapositiva]. Lima Perú. [En línea]. <<http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/congreso/pilas.pdf>> [consulta: 02 de noviembre de 2009]
- Viriyadhika Cynthia. 2007. Final thesis repor sustainable battery waste Management. Protecting the Environment and Creating Employment Case Study: Indonesia [En línea]. Saxion Universities of Applied Science – Deventer, the Netherlands. <www.waste.nl/redir/content/.../Th%20Batteries%20Indonesia.pdf> [consulta: 26 de octubre 2009].

VIII. ANEXOS

ANEXO 1.

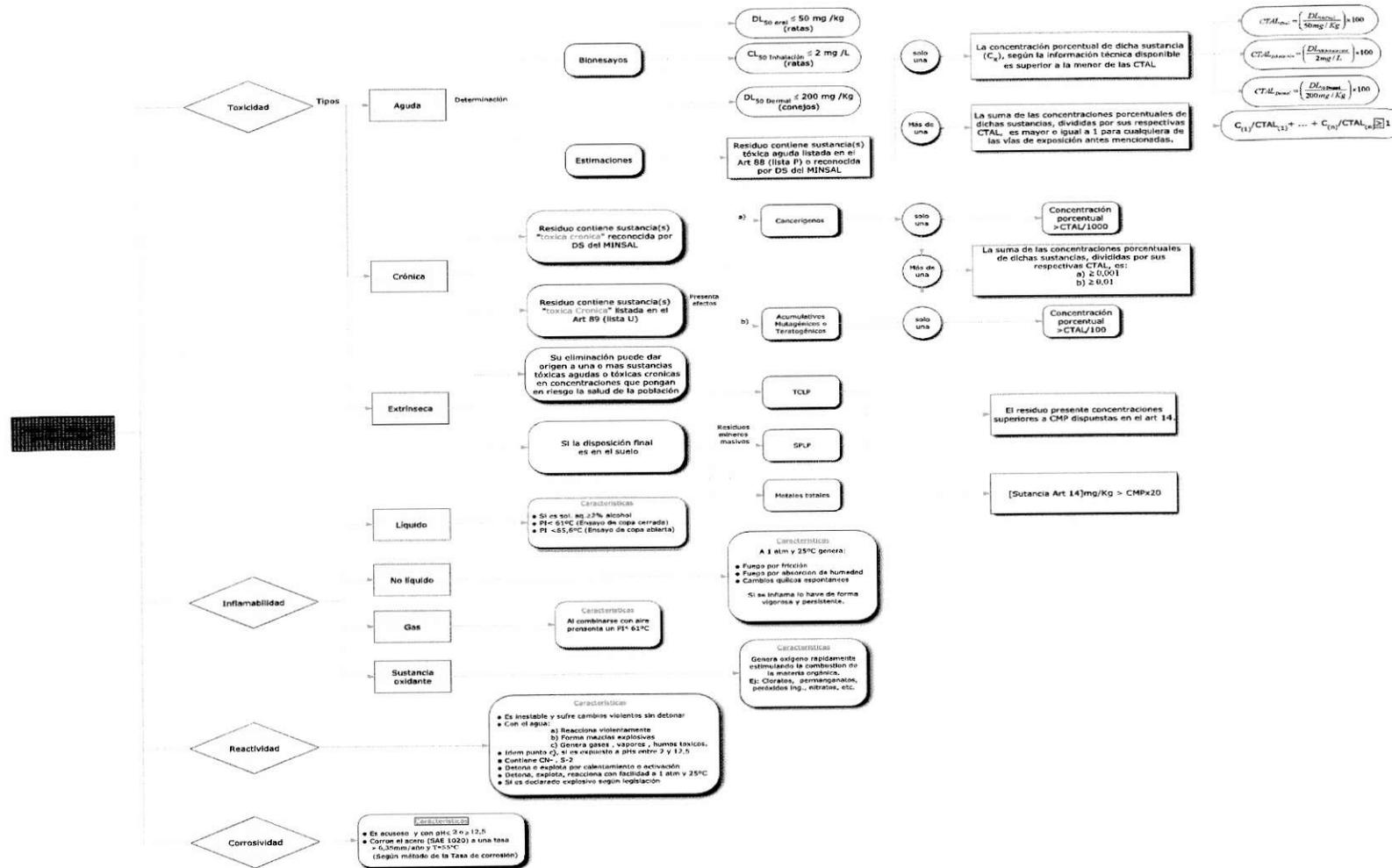


Figura 19. Resumen de las características de peligrosidad establecidas en el DS 148/2003.

ANEXO 2. Resumen del DS 148/2003 del MINSAL.

Los títulos del D.S. 148/2003 constituyen: Disposiciones Generales; De la Identificación y Clasificación; De la Generación; Del Almacenamiento; Del Transporte; De la Eliminación; Del Sistema de Declaración y Seguimiento de Residuos Peligrosos; De las Sanciones y Procedimientos; Disposiciones Complementarias y Referenciales. Su estructura es la siguiente:

Tabla 30: Resumen del Reglamento sobre Manejo Sanitario de Residuos Peligrosos (DS 148/2003 MINSAL)

TÍTULO I	<p style="text-align: center;">DISPOSICIONES GENERALES</p> <p>Ámbito de aplicación, competencias y definiciones (artículos 1, 2 y 3) Identificación, etiquetación, determinación de características de peligrosidad, manejo de residuos peligrosos (artículos 4, 5, 6, 7, 8 y 9)</p>
TÍTULO II	<p style="text-align: center;">DE LA IDENTIFICACIÓN Y CLASIFICACIÓN</p> <p>Definición de residuo peligroso (artículo 10) Características de peligrosidad y definición de residuos peligrosos (artículos 11, 12, 13, 14, 15, 16 y 17) Listas de residuos peligrosos, residuos peligrosos y residuos no peligrosos (artículos 18 y 19 - en conjunto con artículo 90) Disposiciones referidas a instalaciones, equipo, contenedor que hayan estado en contacto con residuos peligrosos, sustancias químicas vencidas, residuos mineros masivos y envases de plaguicidas (artículos 20, 21, 22 - en combinación con artículos 88 y 89 -, 23 y 24) Sustancias tóxicas agudas (artículo 88, título IX), sustancias tóxicas crónicas (artículo 89, título IX)</p>
TÍTULO III	<p style="text-align: center;">DE LA GENERACIÓN</p> <p>Obligación de generadores de residuos peligrosos que deben presentar Plan de Manejo (artículo 25) Plan de manejo de residuos peligrosos (artículo 26) Responsabilidades de los generadores, manejo diferenciado de residuos peligrosos y residuos no peligrosos (artículos 27 y 28)</p>
TÍTULO IV	<p style="text-align: center;">DEL ALMACENAMIENTO</p> <p>Sitio de almacenamiento de residuos peligrosos, autorización sanitaria, período de almacenamiento, almacenamiento prolongado (artículos 29, 30, 31 y 32 - en combinación con párrafo I del título VI) Condiciones para sitios de almacenamiento de residuos peligrosos, acceso restringido, almacenamiento de residuos peligrosos reactivos o inflamables (artículos 33, 34 y 35) Tabla de incompatibilidades (artículo 87, título IX)</p>
TÍTULO V	<p style="text-align: center;">DEL TRANSPORTE</p> <p>Autorización Sanitaria, requisitos (artículos 36 y 37- en combinación con título VII, referencia a DS 298, 25.11.94) Responsabilidad del transportista, requisitos para el transporte de residuos peligrosos, el personal y vehículos (artículos 38, 39, 40 y 41 en combinación con título VII, referencia a DS 298, 25.11.94) Excepciones (artículo 42)</p>

<p>TÍTULO VI</p>	<p style="text-align: center;">DE LA ELIMINACIÓN</p> <p>Párrafo I: De las Instalaciones de Eliminación Autorización y Aprobaciones Sanitarias, medidas protección del medio ambiente, plan de verificación, plan de contingencias (artículos 43, 44, 45, 46 y 47) Requisitos a cumplir por el emplazamiento, acceso restringido, exigencias a la operación (artículos 48, 49 y 50) Plan de cierre (artículo 51)</p> <p>Párrafo II: De las Actividades Industriales que realizan Operaciones de Reuso y/o Reciclaje Reuso, reciclaje de residuos peligrosos, documentación (artículos 52 y 53) Reuso, reciclaje de residuos peligrosos no es la actividad principal (artículo 54 – en combinación con artículos 48 letras a,b,d,e,f,g,h,i y 49)</p> <p>Párrafo: III De los Rellenos de Seguridad Requisitos específicos al emplazamiento, al diseño y construcción, instalaciones y sistemas, sistemas de impermeabilización y drenajes (artículos 55, 56, 57 y 58 – en combinación con artículos 61 y 91) Esquema impermeabilización relleno de seguridad (artículo 91) Plan de operación, residuos peligrosos excluidos, registro de los residuos depositados, disposición de residuos incompatibles, coberturas temporales (artículos 59, 60, 63, 64 y 65) Sistema de monitoreo de la calidad de las aguas subterráneas, lixiviados, riles, planta de tratamiento (artículos 61 – en combinación con artículo 92 - y 62) Impermeabilización superior, plan de cierre (artículos 66 y 67)</p> <p>Párrafo IV: De la Incineración Aprobaciones y autorizaciones sanitarias, grado de incineración, requisitos de temperatura y permanencia, quemadores arranque automático, sistema para impedir incorporación de residuos peligrosos durante la puesta en marcha del incinerador (artículos 68, 70, 71, 72 y 73) Requisitos para la emisión, emisiones a nivel del suelo, y sobrepaso de norma primaria de emisión (artículos 69, 74 y 75)</p> <p>Párrafo V: De la Eliminación en Minas Subterráneas Exigencias especiales, aprobaciones de la Autoridad Sanitaria (artículo 76 en combinación con artículo 44) Residuos peligrosos excluidos (artículo 77)</p> <p>Párrafo VI: De la Eliminación de Residuos Especiales Eliminación de los residuos de la categoría III.4 del artículo 18, eliminación de residuos mineros masivos caracterizados como peligrosos (artículos 78 y 79 – en combinación con artículo 23)</p>
<p>TÍTULO VII</p>	<p style="text-align: center;">DEL SISTEMA DE DECLARACIÓN Y SEGUIMIENTO DE RESIDUOS PELIGROSOS</p> <p>Sistema de declaración y seguimiento de residuos peligrosos, documento de declaración, diseño, contenido y características del documento de declaración (artículos 80 y 81) Obligaciones de los generadores, transportistas y destinatarios, Excepción de pequeños generadores (artículos 83 y 84)</p>

TÍTULO VIII	DE LAS SANCIONES Y PROCEDIMIENTOS Infracciones a las disposiciones del reglamento, sanciones (artículo 85 – referencia a Libro X del Código Sanitario)
TÍTULO IX	DISPOSICIONES COMPLEMENTARIAS Y REFERENCIALES Operaciones de eliminación (artículo 86) Tabla de incompatibilidades (artículo 87) Sustancias tóxicas agudas (artículo 88) Sustancias tóxicas crónicas (artículo 89) Lista de residuos peligrosos y lista de residuos no peligrosos (artículo 90) Esquema impermeabilización relleno de seguridad (artículo 91) Parámetros para el monitoreo de aguas subterráneas (artículo 92)
TÍTULO FINAL	Entrada en vigencia – obligaciones (artículo 93)

ANEXO 3. Campaña de recolección de pilas realizado por la ilustre Municipalidad de Santiago.

Tabla 31. Depósitos de pilas en espacios públicos R.M.

ESTACIONES MEDICAS O CONSULTORIOS	DIRECCIÓN
Nueva Arauco	Manuel de Ammat 2861
Concha Y Toro	Santa Mónica 2229
Coquimbo	Madrid N° 789
Dávila Larraín	General Gana 334
Gacitúa	Artemio Gutierrez 1354
<i>Barrio Chacabuco*</i>	<i>Chacabuco 463*</i>
Parque Forestal	Juan Ramon Gutierrez 80
Pedro Montt	Juan Espejo 2171
San Borja	Diagonal Paraguay 322
<i>Unión Latino Americana*</i>	<i>UIA 666*</i>
Sargento Aldea	Sargento Aldea 1470
<i>Benjamin Viel*</i>	<i>San Ignacio 1217*</i>
Padre Orellana	Padre Orellana 1708
San Vicente	Espiñeira 2824
PLAZAS	DIRECCIONES
Plaza Hermanos Matte	Nataniel con Placer
Plaza Yarur	Pedro Montt con Florencio Bahamondes
Plaza Arauco	Sepulveda Leyton con El Trebol
Plaza Brasil	Huerfanos con Brasil
Plaza Yungay	Santo Domingo con Soto Mayor
EDIFICIOS MUNICIPALES	DIRECCIÓN
Edificio Amunategui	Amunategui 980 1er Piso
Edificio Santo Domingo	Santo Domingo 916 1er Piso
Centro Carol Urzua	Santa Rosa 1689

* Estaciones médicas cerrados post terremoto febrero 2010.

ANEXO 4. Información entregada al consumidor respecto de la peligrosidad de pilas.

Tabla 32. Poder contaminante sobre las aguas de los distintos tipos de pilas.

Tipo	Composición química	Poder contaminante
Alcalinas	Dióxido de Manganeso y Zinc	s/i
Comunes	Zinc y Carbono	3.000 lts de agua
Botón	Zinc - Aire	12.000 lts de agua
	Oxido de Plata	14.000 lts de agua
	Litio	s/i
	Oxido de Mercurio	600.000lts de agua
Recargables	Níquel- Cadmio	s/i

* Lemke Astrid. 2004.

Es lógico que cuanto más cantidad de este metal contenga una pila mayor es su poder de contaminación. Para comprender mejor la magnitud de este potencial, hay que considerar que 600.000 litros de agua, cantidad que puede contaminar una sola pila botón de óxido de mercurio equivale a la cantidad de agua que necesita una persona para alimentarse en toda su vida

Figura 20. Campaña “ahórrate la basura” de la Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA).

Recarga la pila
UNA PILA RECARGABLE EQUIVALE A
300 PILAS DESECHABLES

PREFIERE LAS PILAS RECARGABLES MUY EFICIENTEMENTE REUTILIZADAS.

- 1. En Chile se desechan más de 80 millones de pilas al año
- 2. Una pila común contamina 3.000 litros de agua.
- 3. Una pila recargable equivale a 300 pilas desechables.
- 4. Evite el uso de pilas siempre que sea posible.

AHÓRRATE la basura
WWW.CONAMA.CI

Durante el mes de octubre 2009, la Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA), lanzó una campaña que consistía en generar conciencia en la población respecto de la importancia de generar la menor cantidad posible de desechos.

A esa fecha se generaban alrededor de 5,6 millones de toneladas anuales de residuos sólidos domiciliarios y asimilables, esto es, alrededor de 1kg por persona al día. Sólo la Región Metropolitana generaba más de 2,6 millones de toneladas anuales, de las que aproximadamente sólo alrededor de un 12% se recupera con alguna práctica de reutilización o reciclaje. Por este motivo esta iniciativa buscaba generar una mayor conciencia en la población respecto de las opciones disponibles para disminuir la cantidad de basura que generábamos

ANEXO 5. Datos muestras analizadas.

Tabla 33 a), b) c), d) y e). Datos de masa , voltaje, lixiviación y contenido total de metales en las pilas utilizadas en los análisis.

a) Pilas nuevas para analizar la influencia del tamaño de partícula

Nº	Masa (g)	Voltaje (V)	Análisis a realizar
	Duracell AA (Usadas)		
1	23,83	0,536	Influencia del tamaño de partícula
2	23,76	0,575	
3	23,92	0,983	
4	23,14	0,528	
5	23,76	0,651	
6	23,87	0,662	
7	23,83	0,565	
8	23,79	0,572	
\bar{x}	23,74	0,634	Metales totales por digestión

b) Pilas usadas para analizar la influencia del tiempo de extracción

Nº	Masa (g)	Voltaje (V)	Análisis a realizar	Masa (g)	Voltaje (V)
	Duracell AA (Nuevas)			Duracell AA (Usadas)	
1	23,84	1,613	Influencia del tiempo de extracción	23,66	0,584
2	23,76	1,614		24,00	0,614
3	23,80	1,614		24,08	0,782
4	23,96	1,613		23,78	0,684
5	23,87	1,614		23,86	0,554
6	23,68	1,614		24,07	0,622
7	24,00	1,613		24,00	0,874
8	24,15	1,614		23,97	0,534
9	23,94	1,613		Metales totales por digestión	23,79
\bar{x}	23,94	1,613		23,79	0,572

c) Pilas usada para realizar el preliminar del análisis TCLP que determina el extracto lixivante a utilizar en la prueba.

Muestra	Análisis					
	TCLP				Metales totales por digestión	
	Preliminar		Lixiviación			
	Masa (g)	Voltaje (V)	Masa (g)	Voltaje (V)	Masa (g)	Voltaje (V)
Eveready Extra Duration	16,69	1,429	16,22	0,643	16,90	0,712
Eveready Gold	23,86	1,490	23,58	0,893	23,54	1,248
Eveready	17,86	1,554	17,45	0,677	17,87	0,490
Double power	10,15	0,964	10,75	0,503	10,61	1,060
Rayovac Alcalina	23,34	1,381	23,33	1,182	23,53	1,555
Rayovac	16,35	1,664	16,46	0,530	16,60	1,667
Bic	13,63	1,630	13,48	0,963	13,48	1,620
Eurosun	11,13	1,596	10,80	0,982	10,97	1,582
Everpower	5,21	1,530	5,33	1,047	5,27	1,543

d) Influencia del tiempo de lixiviación pila nueva y usada.

METALES TCLP								
Muestra	hr	Ar	Ba	Cd	Cr	Pb	Se	Ag
PN	18	< LD	0,0062	< LD				
PN	24	< LD						
PN	42	< LD						
PN	48	< LD						
PN	66	< LD						
PN	126	< LD						
PN	144	< LD						
LD		0,0008	0,0054	0,0279	0,0032	0,0212	0,0006	0,0001
LC		0,0026	0,0181	0,0931	0,0106	0,0706	0,0019	0,0004
Norma CMP mg/l		1	5	5	5	1	5	100

METALES TCLP								
Muestra	hr	Ar	Ba	Cd	Cr	Pb	Se	Ag
PU	18	<LD	<LD	<LD	0	<LD	<LD	0,0056
PU	24	<LD	<LD	<LD	0,0425	0	<LD	0,0289
PU	42	<LD	<LD	<LD	0,0901	<LD	<LD	0,0925
PU	48	<LD	<LD	<LD	0,0413	<LD	<LD	0,0313
PU	66	<LD	0,0442	<LD	0,082	<LD	<LD	0,0849
PU	126	<LD	0	<LD	0,0705	<LD	<LD	0,0742
PU	144	<LD	<LD	<LD	0,1148	<LD	<LD	0,123
LD		0,0008	0,0054	0,0279	0,0032	0,0212	0,0006	0,0001
LC		0,0026	0,0181	0,0931	0,0106	0,0706	0,0019	0,0004
Norma CMP mg/l		1	5	5	5	1	5	100

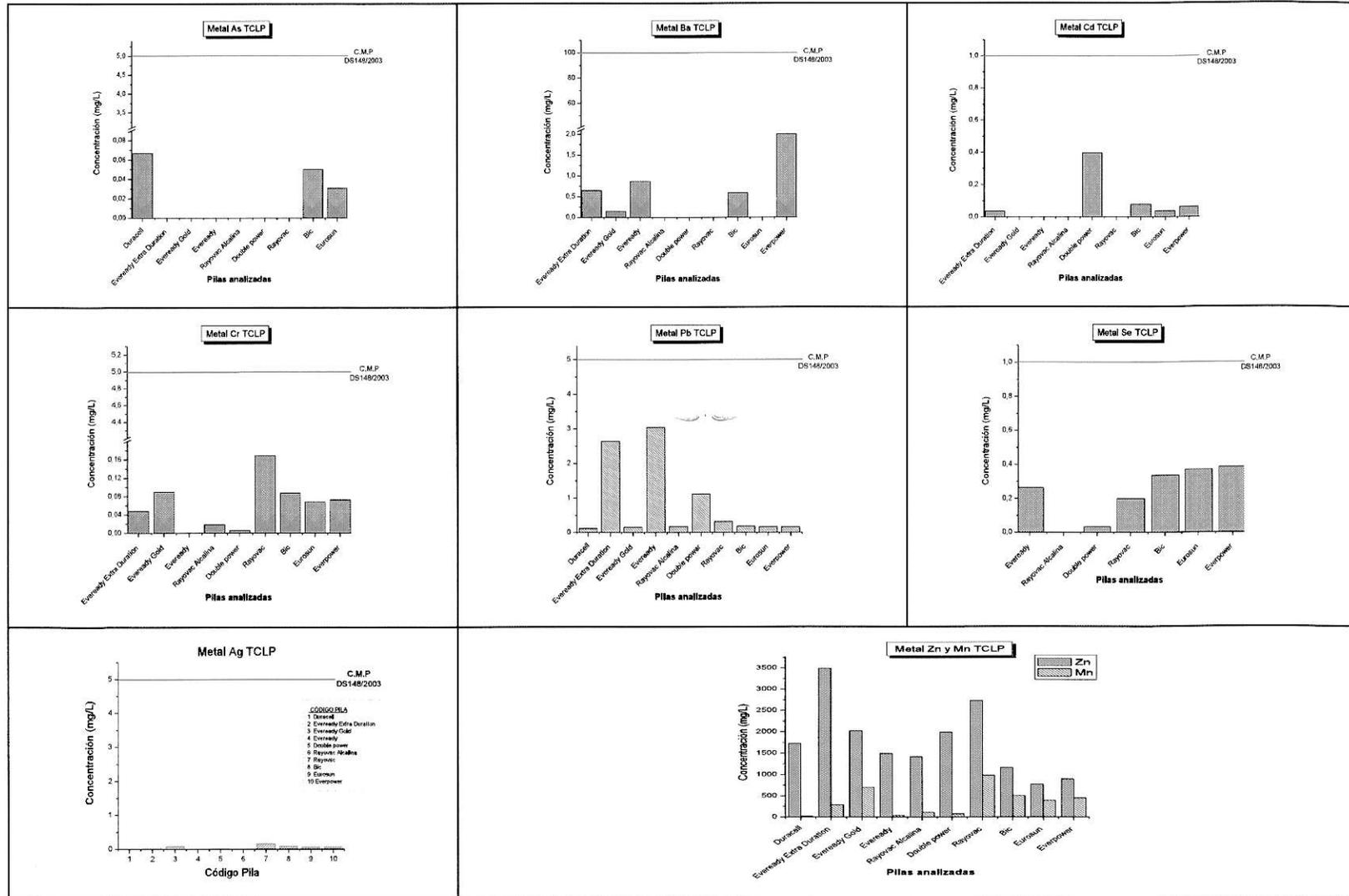
OTROS METALES												
Muestra	hr	Zn	Cu	Ni	Al	Mn	V	Co	Mo	Be	B	Fe
PN	18	485,532306	< LD	0,2634	0,0117	80,48	< LD	< LD	< LD	< LD	0,0425	< LD
PN	24	487,499294	< LD	0,3088	< LD	25,73	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD
PN	42	455,777652	< LD	0,184	0,0149	57,3623	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	0,0037
PN	48	484,965485	< LD	0,1825	< LD	5,3999	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD
PN	66	453,27332	< LD	0,1729	0,0065	5,813	< LD	< LD	< LD	< LD	0,0061	0,0041
PN	126	476,021072	< LD	0,1703	< LD	24,351	< LD	< LD	< LD	< LD	0,0004	< LD
PN	144	444,73014	< LD	0,1952	< LD	33,17	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	0,0036
LD		0,0016	0,0033	0,0046	0,0021	0,0002	0,0004	0,0013	0,0037	0,0002	0,0055	0,0011
LC		0,0052	0,011	0,0153	0,0069	0,0005	0,0012	0,0042	0,00124	0,0007	0,0182	0,0035
Norma CMP mg/l		Inexistente										

OTROS METALES												
Muestra	hr	Zn	Cu	Ni	Al	Mn	V	Co	Mo	Be	B	Fe
PU	18	53,03	<LD	1,61	0,20	54,59	<LD	0,03	<LD	<LD	0,88	197,88
PU	24	166,07	<LD	1,97	0,33	212,00	<LD	0,05	<LD	<LD	1,50	292,19
PU	42	122,86	<LD	1,77	0,03	188,40	<LD	0,02	<LD	<LD	0,07	0,06
PU	48	235,97	<LD	1,12	0,25	236,00	<LD	0,02	<LD	<LD	0,48	111,39
PU	66	247,73	<LD	4,41	0,03	511,40	<LD	0,05	<LD	<LD	1,08	235,50
PU	126	556,97	<LD	1,41	<LD	466,50	<LD	0,04	<LD	<LD	0,82	219,65
PU	144	489,56	<LD	0,73	0,03	784,60	<LD	<LD	<LD	<LD	0,08	0,02
LD		0,0016	0,0033	0,0046	0,0021	0,0002	0,0004	0,0013	0,0037	0,0002	0,0055	0,0011
LC		0,0052	0,011	0,0153	0,0069	0,0005	0,0012	0,0042	0,00124	0,0007	0,0182	0,0035
Norma CMP mg/l		Inexistente										

e) Contenido total metales en Pila nueva (PN) y usada (PU)

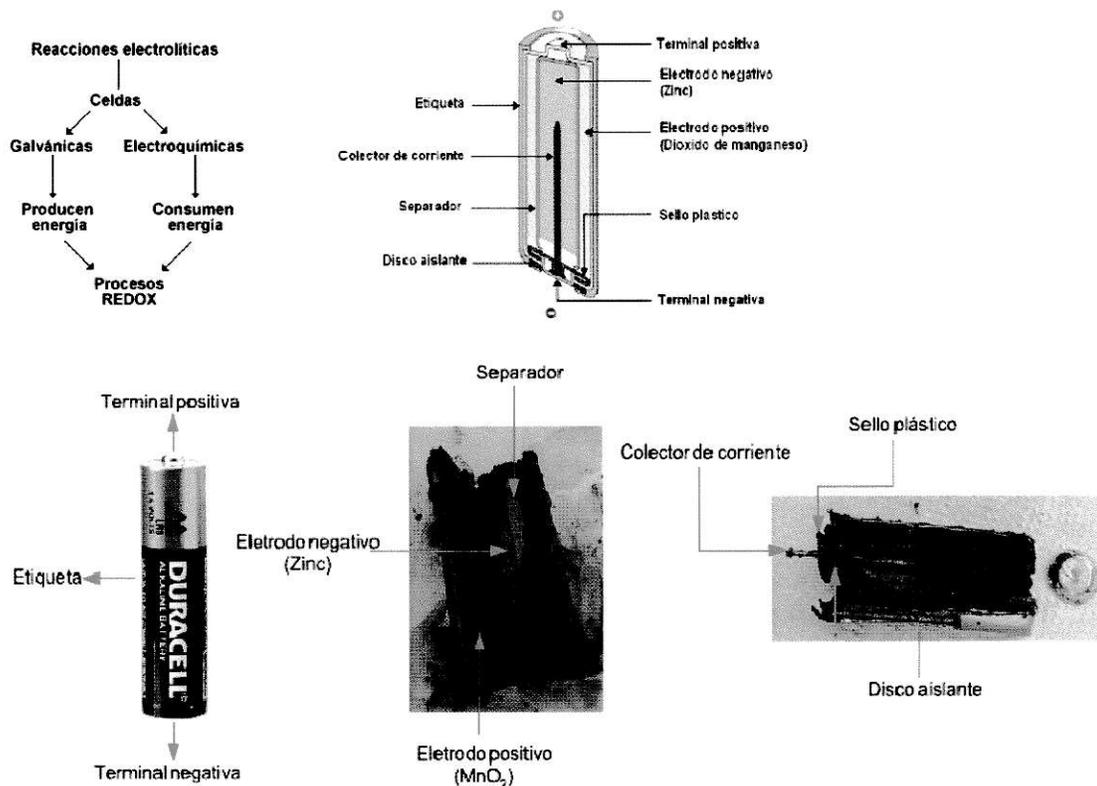
Nº CENMA Muestra	Cd	Zn	Cr	As	Cu	Ni	Pb	Al	Se	Mn	Ag	V	Ba	Co	Mo	Be	B	Fe	
mg/L	PN	0,3636	4795,9812	3,2152	< LD	321,9946	49,6778	1,1256	2,7912	< LD	5200,9461	0,7014	0,3677	0,0458	0,3374	< LD	< LD	12,9473	4959,9933
	PU	0,3442	4725,9812	1,6312	< LD	316,9946	74,3878	1,1116	1,8732	< LD	4884,9461	0,6969	0,3777	0,0435	0,4909	< LD	< LD	12,6973	4787,9933
	LD	0,0008	0,0016	0,0054	0,0279	0,0033	0,0046	0,0032	0,0021	0,0212	0,0002	0,0006	0,0004	0,0001	0,0013	0,0037	0,0002	0,0055	0,0011
	LC	0,0026	0,0052	0,0181	0,0931	0,011	0,0153	0,0106	0,0069	0,0706	0,0005	0,0019	0,0012	0,0004	0,0042	0,00124	0,0007	0,0182	0,0035
Norma CMP mg/L	1	/	5	5	/	/	5	/	1	/	5	/	100	/	/	/	/	/	
mg/Kg	PN	15,21	200620,82	134,50	/	13469,37	2078,07	47,09	116,76	/	217560,92	29,34	15,38	1,92	14,11	/	/	541,60	207481,62
	PU	14,40	197777,87	68,26	/	13265,93	3113,06	46,52	78,39	/	204430,40	29,16	15,81	1,82	20,54	/	/	531,37	200373,01
Norma CMPx20 mg/kg	20	/	100	100	/	/	100	/	20	/	100	/	2000	/	/	/	/	/	
%	PN	0,00152	20,06208	0,01345	0,00000	1,34694	0,20781	0,00471	0,01168	0,00000	21,75609	0,00293	0,00154	0,00019	0,00141	0,00000	0,00000	0,05416	20,74816
	PU	0,00144	19,77779	0,00683	0,00000	1,32659	0,31131	0,00465	0,00784	0,00000	20,44304	0,00292	0,00158	0,00018	0,00205	0,00000	0,00000	0,05314	20,03730

ANEXO 6. Metales normados por el DS 148/2003, encontrados en las pilas.



ANEXO 7. Estructura interna y formulas de reacción química de las pilas analizadas.

Figura 22. Disección de una pila alcalina marca Duracell AA.



En el punto 2.3 se describe a modo general el funcionamiento de las pilas. A continuación se explicará en forma detallada las reacciones electroquímicas involucradas en el funcionamiento de los dos tipos de pilas estudiadas, esto es pila cinc-carbón y alcalina.

Pila cinc carbón

Tabla 34. Reacciones químicas involucradas en pila zinc carbón.

Reacción de oxidación ánodo (-)	$Zn_{(s)} \rightarrow Zn_{(aq)}^{2+} + 2e$
Reacción de reducción cátodo (+)	$2MnO_2(s) + 2H_3O_{(aq)}^+ + 2e \rightarrow 2Mn(OH)_{(s)} + 2H_2O_{(l)}$
Reacción del electrolito	$2NH_4^+_{(aq)} + 2H_2O_{(l)} \rightarrow 2NH_3_{(aq)} + 2H_3O^+_{(aq)}$
	$Zn^{2+}_{(aq)} + 2NH_3_{(aq)} \rightarrow [Zn(NH_3)_2]^{2+}_{(aq)}$
	$[Zn(NH_3)_2]^{2+}_{(aq)} + 2Cl^-_{(aq)} \rightarrow [Zn(NH_3)_2]Cl_{2(s)}$
Reacción global	$Zn_{(s)} + 2MnO_2(s) + 2NH_4Cl \rightarrow 2Mn(OH)_{(s)} + [Zn(NH_3)_2]Cl_{2(s)}$

1. En una pila seca, el envase exterior de zinc es el polo negativo. El zinc es oxidado
2. Una varilla de grafito rodeada por un polvo que contiene óxido de manganeso (IV) es el polo positivo. El dióxido de manganeso se mezcla con polvo de carbono para aumentar la conductividad eléctrica. En este medio de reacción, el manganeso se reduce de un estado de oxidación de (+4) a (+3).
3. Reposición de los iones hidronio y formación de amoníaco, a partir del electrolito de cloruro de amonio.
4. Las moléculas resultantes de amoníaco actúan como ligandos formando un complejo del ión zinc (II), el ión diamin zinc (II):
5. Este complejo reacciona con los iones cloruro, Cl⁻, del cloruro de amonio.

Pila Alcalina

Tabla 35. Reacciones químicas involucradas en pila Alcalina.

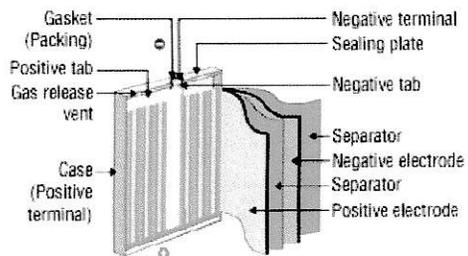
Reacción de oxidación ánodo (-)	$Zn_{(s)} \rightarrow Zn_{(aq)}^{2+} + 2e$
Reacción de reducción cátodo (+)	$MnO_{2(s)} + H_2O_{(aq)} + e \rightarrow MnO(OH)_{(s)} + OH^-$
Reacción del electrolito	$Zn_{(aq)}^{2+} + 2OH^- \rightarrow Zn(OH)_2$
	$Zn(OH)_2 \rightarrow ZnO + H_2O_{(aq)}$
Reacción global	$Zn_{(s)} + 2MnO_{2(s)} + H_2O_{(aq)} \rightarrow 2MnO(OH)_{(s)} + ZnO_{(s)}$

1. El ánodo de zinc libera dos electrones al circuito externo. Pues el metal que lo constituye (zinc) tiene la tendencia a perder electrones.
2. El dióxido de manganeso tiene la tendencia a ganar electrones cuando entra en reacción. Por lo tanto, durante una reacción química, el cátodo (dióxido de manganeso) gana electrones. Esta reacción libera hidróxido en el electrolito. Para equilibrar esta reacción con la reacción del ánodo, deben reaccionar dos moléculas de MnO₂ por cada átomo de zinc.
3. Los iones hidrógenos producidos en la reacción en el cátodo fluyen hacia el ánodo en la forma de corriente iónica. Ahí se combinan con los iones Zn⁺² formando un compuesto intermediario de Zn(OH)₂
4. El Zn(OH)₂ se divide, produciendo óxido de zinc (ZnO) y agua. El circuito se completa.

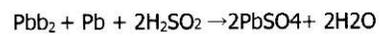
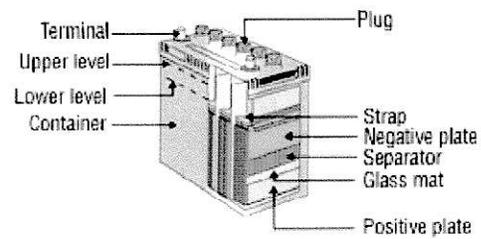
Tabla 36. Estructura interna de las pilas.

<p style="text-align: center;">Zinc-carbón (1.5V)</p> <p style="text-align: center;">$2\text{MnO}_2 + 2\text{NH}_4\text{Cl} + \text{Zn} \rightarrow 2\text{MnO(OH)} + [\text{Zn}(\text{NH}_3)_2]\text{Cl}_2$</p>	<p style="text-align: center;">Alkaline manganese battery (1.5V)</p> <p style="text-align: center;">$2\text{MnO}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{Zn} \rightarrow 2\text{MnO(OH)} + \text{ZnO}$</p>
<p style="text-align: center;">• Nickel primary battery (1.5V)</p> <p style="text-align: center;">$\text{NiOOH} + \text{MnO}_2 + \text{Zn} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ni(OH)}_2 + \text{MnOOH} + \text{ZnO}$</p>	<p style="text-align: center;">• Lithium primary battery (3.0V)</p> <p style="text-align: center;">$\text{MnIV}\text{O}_2 \rightarrow \text{MnIII}\text{O}_2(\text{Li}^+)$</p> <p style="text-align: right;">Li^+</p>
<p style="text-align: center;">• Silver oxide zinc battery (1.55V)</p> <p style="text-align: center;">$\text{Zn} + \text{Ag}_2\text{O} \rightarrow \text{ZnO} + 2\text{Ag}$</p>	<p style="text-align: center;">• Zinc-air battery (1.4V)</p> <p style="text-align: center;">$2\text{Zn} + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{ZnO}$</p>
<p style="text-align: center;">• Ni-Cd battery (1.2V)</p> <p style="text-align: center;">$2\text{NiOOH} + \text{Cd} + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{Ni(OH)}_2 + 2\text{Cd(OH)}_2$</p>	<p style="text-align: center;">• Ni-MH battery (1.2V)</p> <p style="text-align: center;">$\text{MH} + \text{NiOOH} \rightarrow \text{M} - \text{Ni(OH)}_2$</p>

• **Lithium ion battery (3.7V)**



• **Lead-acid battery (2.0V)**



*Fuente: <http://www.baj.or.jp/e/knowledge/structure.html>

ANEXO 8. Pilas nuevas (PN) v/s pilas usadas (PU).

Las diferencias de concentración, entre pilas nueva y usada, en el extracto lixiviado analizado se deben fundamentalmente al hecho que el test de toxicidad por lixiviación (TCLP) presenta una limitante en su metodología de análisis; solo permite medir la cantidad de contaminantes potencialmente lixiviados y no el contenido total en el residuo.

De allí que en el análisis de la composición de las pilas determinado mediante digestión acida, se registraron en ambos casos (pila nueva y usada) valores muy similares, corroborando que el contenido total de metales es el mismo en ambos casos. Sin embargo el test TCLP arroja para sus componentes principales Cinc y Manganeseo valores muy diferentes.

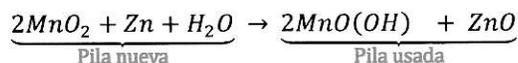
Tabla 37. Valores obtenidos en análisis de pila alcalina Duracell AA.

Tipo de pila	TCLP tradicional (mg/L)		Dig. acida (Met. 3050B) (mg/L)	
	Zn	Mn	Zn	Mn
PN	485,532	80,48	4795,98	5200,9461
PU	53,03	54,59	4725,98	4884,9461
% Dif	89,08	32,17	1,46	6,08

Esto nos indica que el hecho que la pila se encuentre nueva o usada significa que el contenido de metales presentes en el interior de la pila se encuentran en diferentes estados que los hacen ser más o menos propensos a ser lixivianos por la solución lixivante utilizada (acetato de sodio).

Pilas alcalinas

La reacción global de una pila alcalina resulta ser:



En el procedimiento de lixiviación para el análisis TCLP, sin duda resulta diferente químicamente si la pila que se utiliza es nueva o usada, pues son distintas las reacciones que se generan y por ende los productos que se forman al reaccionar los componentes de las pilas con la solución lixivante trabajada.

ANEXO 9. Análisis legislativo y normativo aplicable a la disposición de residuos en Chile.

A continuación se entrega un resumen de la normativa ambiental vigente aplicadas a la disposición de la basura en Chile.

9.1 Normativas nacionales

a. DS N° 148 DEL MINISTERIO DE SALUD (12-06-03)

Reglamento Sanitario sobre el Manejo de Residuos Peligrosos, del Ministerio de Salud, establece, las condiciones sanitarias y de seguridad mínimas a que deberá someterse la generación, tenencia, almacenamiento, transporte, tratamiento, reuso, reciclaje, disposición final y otras formas de eliminación de los residuos peligrosos. Correspondiéndole a las SEREMIs de Salud velar por su cumplimiento. Fue publicado en el Diario Oficial el 16 de junio de 2004 y entró en vigencia el 16 de junio de 2005.

b. CONSTITUCIÓN POLÍTICA DE LA REPÚBLICA DE CHILE (24 -10-80)

La regulación ambiental a la Constitución Política de la República, en su capítulo III, relativo a los Derechos y Deberes Constitucionales, establece como garantía de rango constitucional lo siguiente:

Artículo 19°, N° 8: asegura a las personas “**el derecho a vivir en un medio ambiente libre de contaminación**”, debiendo el Estado velar que este derecho no sea afectado y tutelar la “**preservación de la naturaleza**”. La ley podrá establecer restricciones específicas al ejercicio de determinados hechos o libertades para “**proteger el medio ambiente**”.

Artículo 19°, N° 24: (...) sólo la ley podrá establecer las limitaciones y obligaciones que deriven de su función social. Comprendiéndose dentro de la función social de la propiedad, como valor jurídico, la “**conservación del patrimonio ambiental**”.

c. Ley N° 19.175, ORGÁNICA CONSTITUCIONAL SOBRE GOBIERNO Y ADMINISTRACIÓN REGIONAL (modificada por DFL 1-19175). (11-11-92).

La presente ley considera aspectos importantes relativos al gobierno de cada región, a la protección ambiental, a la coordinación y sus vinculaciones con los municipios. Según lo dispuesto en el título segundo de la administración de la región, capítulo I: naturaleza y objetivos del gobierno regional, se establece lo siguiente:

Artículo 14°: (...) en el ejercicio de sus funciones, deberán inspirarse en principios de equidad, eficiencia y eficacia en la asignación y utilización de recursos públicos y en la prestación de servicios; en la efectiva participación de la comunidad regional y en la **preservación y mejoramiento del medio ambiente**.

En cuanto a funciones y atribuciones del gobierno regional, dispuestas en el capítulo II, se establece:

Artículo 16°, letra e: Asesorar a las Municipalidades, cuando éstas lo soliciten, especialmente en la **formulación de sus planes y programas de desarrollo**.

Artículo 17º, letra b: Participar, en coordinación con las autoridades nacionales y comunales competentes, en programas y proyectos de dotación y mantenimiento de obras de infraestructura y de equipamiento en la región.

Artículo 17º, letra c: Serán funciones generales del gobierno regional “fomentar y velar por la protección, conservación y mejoramiento del medio ambiente”, adoptando las medidas adecuadas a la realidad de la región, con sujeción a las normas legales y decretos supremos reglamentarios que rijan la materia.

d. Ley N° 18.695, ORGÁNICA CONSTITUCIONAL DE MUNICIPALIDADES (modificada por leyes N° 18.702; N° 19.388 y N° 19.452)

Según el Párrafo 2º, Funciones y atribuciones de la presente ley se indica lo siguiente:

Artículo 3º, letra f: A las Municipalidades se les confiere como función privativa “el aseo de la comuna”.

Artículo 4º, letras b: Podrán desarrollar directamente o con otros órganos del Estado, funciones relacionadas con la “protección del medio ambiente” y la “salud pública”

Artículo 5º, letras d y e: Para el cumplimiento de sus funciones las Municipalidades tendrán las siguientes atribuciones esenciales. Dictar resoluciones obligatorias con carácter general o particular; Establecer derechos por los servicios que presten y por los permisos y concesiones que otorguen;

Adicionalmente, tienen como atribuciones no esenciales las que les confieren las leyes o que versen sobre materias que la Constitución Política del Estado expresamente ha encargado que sean reguladas por ley común, entre otras, la de colaborar en la fiscalización y en el cumplimiento de las disposiciones legales y reglamentarias correspondientes a la **protección del medio ambiente**, en los límites comunales, sin perjuicio de las potestades, funciones y atribuciones de otros organismos públicos.

En cuanto a la organización interna de las Municipalidades el párrafo 4º establece:

Artículo 25: A la unidad encargada de la función de aseo y ornato corresponderá velar por: a) El aseo de las vías públicas, parques, plazas, jardines y, en general, de los bienes nacionales de uso público existentes en la comuna; b) El servicio de extracción de basura (no se especifica el tipo de basuras), y c) La construcción, conservación y administración de las áreas verdes de la comuna.

e. D.S. N° 4.740 del M. del INTERIOR, Normas Sanitarias Mínimas municipales (09-10-47).

Reglamento que fija las normas sanitarias mínimas para proteger la salud pública en materia de basuras. En su párrafo 1 se establecen algunas de las obligaciones de las Municipalidades.

Párrafo 1: Proveer a la limpieza de los sitios públicos de tránsito y recreo. Recolectar y someter a un tratamiento adecuado para su higienización las basuras, residuos y desperdicios de la vía urbana.

Entre otras de sus disposiciones, clasifica los residuos sólidos en domésticos, viales, industriales y desperdicios hospitalarios. Respecto de la disposición final de las basuras se establece que ello podrá hacerse por depósito en lugares especiales, por vaciamiento en el mar o en grandes lagos, o por cremación, autodepuración u otro sistema de depuración integral adecuado.

f. D.F.L. N° 725 del MINSAL - CÓDIGO SANITARIO (31-01-68)

El Código Sanitario rige todas las cuestiones relacionadas con el fomento, **protección y recuperación de la salud** de los habitantes de la República, salvo aquellas sometidas a otras leyes.

En el título preliminar, Párrafo III De las atribuciones y obligaciones sanitarias de las Municipalidades se establece que a las Municipalidades les corresponde atender los asuntos de orden sanitario que le entregan el artículo 107 de la Constitución Política del Estado y las disposiciones del Código Sanitario, en especial el artículo 11, que les conceden las siguientes atribuciones:

Párrafo III, artículo 11: Sin perjuicio de las atribuciones que competen al Servicio Nacional de Salud, corresponde, en el orden sanitario, a las Municipalidades:

- a) **Proveer a la limpieza** y a las condiciones de seguridad de **sitios públicos**, de tránsito y de recreo;
- b) **Recolectar, transportar y eliminar** por métodos adecuados, a juicio del Servicio Nacional de Salud, **las basuras, residuos y desperdicios** que se depositen o produzcan en la vía urbana;
- c) Velar por el cumplimiento de las disposiciones que sobre higiene y seguridad se establecen en la Ordenanza General de Construcciones y Urbanización;
- d) Reglamentar y controlar las condiciones de limpieza y conservación exterior de las casas-habitación, fábricas, edificios públicos, cuarteles, conventos, teatros y otros locales públicos y particulares;
- e) Proveer a la limpieza y conservación de los canales, acequias y bebederos, considerando además las condiciones de seguridad necesarias para prevenir accidentes.

A la vez establece, según el libro III de la higiene y seguridad del ambiente y de los lugares de trabajo, en sus normas generales establece:

Título I, artículo 67: "Corresponderá al Servicio Nacional de Salud velar porque se **eliminen o controlen** todos los factores, **elementos o agentes del medio ambiente** que **afecten la salud, la seguridad y el bienestar de los habitantes** en conformidad a las disposiciones del presente Código y su Reglamento"

En el título III de la higiene y seguridad del ambiente, en su párrafo tercero de los desperdicios y basuras queda establecido:

Título III, Artículo 78: El reglamento fijará las condiciones de saneamiento y seguridad relativas a la acumulación, selección, industrialización y comercio o disposición final de basuras y desperdicios.

Título III, Artículo 79: Para proceder a la construcción, reparación, modificación y ampliación de cualquier planta de tratamiento de basuras y desperdicios de cualquier clase, será necesaria la aprobación previa del proyecto por el Servicio Nacional de Salud.

Título III, Artículo 80: Corresponde al Servicio Nacional de Salud autorizar la instalación y vigilar el funcionamiento de todo lugar destinado a la acumulación,

selección, industrialización, comercio o disposición final de basuras y desperdicios de cualquier clase.

Al otorgar ésta autorización, el Servicio Nacional de Salud determinará las condiciones sanitarias y de seguridad que deben cumplirse para evitar molestias o peligros para la salud de la comunidad o el personal que trabaje en éstas faenas.

Título III, Artículo 81: Los vehículos y sistemas de transporte de materiales que, a juicio del Servicio Nacional de Salud, puedan significar un peligro o molestia a la población y los de transporte de basuras y desperdicio de cualquier naturaleza, deberán reunir los requisitos que señale dicho Servicio, el que, además, ejercerá vigilancia sanitaria sobre ellos.

g. D.F.L. N° 1 del MINSAL. MATERIAS QUE REQUIEREN AUTORIZACIÓN SANITARIA EXPRESA. (21-02-90).

Ésta norma es complementaria del art. 7º, inciso 3º, del Código Sanitario ya mencionado. Según ésta ley, se requiere autorización sanitaria expresa, entre otras, para las siguientes actividades:

Artículo 1º, N°25: instalación de todo lugar destinado a la acumulación, selección, industrialización, comercio o **disposición final de basuras** y desperdicios de cualquier clase.

h. LEY 19.300 O LEY DE BASES GENERALES DEL MEDIO AMBIENTE (Modificada por la ley 20.173 2007)

En el título I, disposiciones generales, se establece:

Artículo 1: El **derecho a vivir en un medio ambiente libre de contaminación**, la **protección del medio ambiente**, la **preservación de la naturaleza** y la **conservación del patrimonio ambiental** se regularán por las disposiciones de ésta ley, sin perjuicio de lo que otras normas legales establezcan sobre la materia.

i. OTRAS NORMAS RELACIONADAS:

- **D.S. 745 del MINSAL 08-06-98** - Aprueba reglamento sobre condiciones sanitarias y ambientales básicas en los lugares de trabajo. Establece, además, los límites permisibles de exposición ambiental a agentes químicos y agentes físicos, y aquellos límites de tolerancia biológica para trabajadores expuestos a riesgo ocupacional.
- **Resolución 5081 del MINSAL 18-03-93** - Establece el Sistema de Declaración y Seguimiento de desechos industriales, con el fin de regular la generación, acumulación, transporte y disposición final a objeto de prevenir riesgos y daños en el orden sanitario ambiental.
- **Decreto 173 del MINSAL 05-08-03** - Aprueba reglamento de laboratorios privados de salud pública de caracterización de residuos peligrosos.

- **Decreto 209 del MINSAL 14-10-05** - Fija valores de toxicidad de las sustancias para efectos del reglamento sanitario sobre manejo de residuos peligrosos.
- **Decreto 190 del MINSAL 31-10-05** - sustancias cancerígenas para el manejo de residuos peligrosos.
- **Resolución 359 del MINSAL 23-06-05** - Aprueba documento de declaración de residuos peligrosos
- **Decreto 2 del MINSAL 03-07-02**- Regula autorización de movimientos transfronterizos de residuos peligrosos consistentes en baterías de plomo usadas.
- **Resolución 292 del MINSAL 31-05-05** - Fija metodologías de caracterización de residuos peligrosos.
- **D.S. 298 del MTT 11-02-95** - Reglamenta el transporte de cargas peligrosas por calles y caminos. Establece las condiciones, normas y procedimientos
- **D.S. 594 del MINSAL 29-04-00** - Reglamento sobre condiciones sanitarias y ambientales básicas en los lugares de trabajo. regular la acumulación, tratamiento y disposición final de los residuos industriales dentro del predio industrial, local o lugar de trabajo.

9.2 Normativa internacional.

Existen varios convenios y tratados internacionales, aplicables a residuos peligrosos, válidamente suscritos por el Gobierno de Chile y que tienen el mismo valor que una ley. Entre estos cabe mencionar los siguientes:

a. D.S. N°476 del MRREE 11-10-77. Promulga el convenio sobre prevención de la contaminación del mar por vertimiento de desechos y otras materias.

Sus disposiciones se aplican a todos aquellos procesos de evacuación deliberada al mar desde buques, aeronaves, plataformas u otras construcciones en el mar

b. D.S. N°720, del MRREE 17-08-95. Protocolo para la protección del Pacífico Sudeste contra la contaminación radiactiva

Este Convenio, en lo sustantivo, prohíbe todo vertimiento y/o enterramiento de desechos radiactivos u otras sustancias radiactivas en el mar y/o lecho de éste y en el subsuelo.

c. D.S. N°685 del MRREE 13-10-92. Convenio de Basilea sobre el "Control de los movimientos transfronterizos de los desechos peligrosos y su eliminación"

El Convenio de Basilea establece normas destinadas a controlar a nivel internacional los movimientos transfronterizos y la eliminación de residuos peligrosos para la salud humana y el medio ambiente.

d. D.S. N°1.963 del MRREE 06-05-95. Diversidad Biológica

Este Convenio tiene vinculación con los residuos, por cuanto establecen disposiciones tendientes a identificar procesos y categorías de actividades que tengan o sea probable que tengan efectos perjudiciales importantes en la conservación y utilización sostenible de la diversidad biológica; y a proteger ésta diversidad mediante adecuadas medidas (establecimiento y ordenación de áreas protegidas; establecimiento de procedimientos apropiados por los que se exija la evaluación del impacto ambiental de proyectos que puedan tener efectos adversos importantes para la diversidad biológica).

e. DS 45 del MRREE 30-04-04. Promulga el acuerdo con Alemania sobre el proyecto "GESTION DE RESIDUOS PELIGROSOS EN CHILE"

Establece asistencia técnica entre ambos países, cuyo objetivo consiste en operar en forma optimizada un sistema integral de gestión de residuos peligrosos.

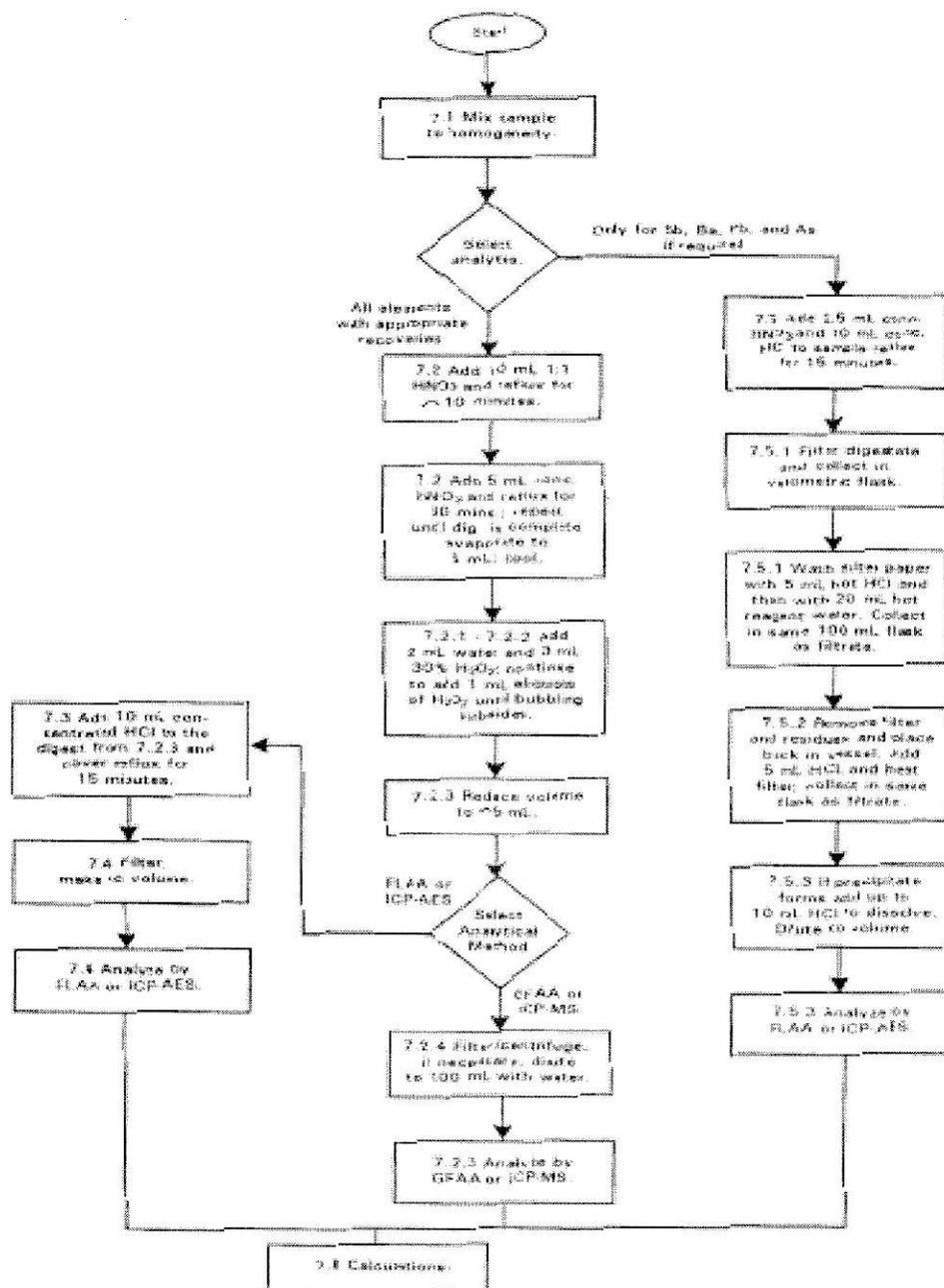
f. Otras declaraciones o programas de acción internacionales.

- D.S. N°361 del MRREE 02-12-61- Tratado Antártico cuyos objetivos son proteger y conservar los recursos vivos de la Antártica.
- Plataforma de Tlatelolco, sobre medioambiente y desarrollo (México, 7 de marzo de 1991)
- Declaración de Río (Río de Janeiro, 14 de junio de 1992).
- Agenda 21 (Río de Janeiro, 14 de junio de 1992).
- Cumbre de las Américas (Miami, USA, diciembre de 1994).

A simple vista se observa que sólo con la implementación del Reglamento Sanitario sobre el Manejo de Residuos Peligrosos (DS 148/2003) las pilas pueden ser clasificadas e identificadas como un residuo peligroso, el resto de leyes y normas informadas, sólo son aplicables sobre algunos aspectos relacionados con el manejo de pilas. Por ello es necesario considerar implementar una ley específica para pilas y baterías que abarcara temas como su recogida, reciclaje, disposición final, entre otros.

ANEXO 10. Metodologías y técnicas de análisis empleadas.

10.1 Digestión ácida de sedimentos lodos y suelos (Método 3050B).



10.2 Metodología de análisis TCLP.

10.2.1 Equipos y materiales

- Aparato de Agitación rotacional: El aparato de agitación debe ser capaz de producir una rotación total del recipiente de extracción durante el período de lixiviación (18 ± 2 horas). Debe ser del tipo ilustrado en la figura 5 y 22, y debe girar con una velocidad angular de 30 ± 2 r.p.m.
- Recipientes de Extracción: Este tipo de recipiente puede estar fabricado de diversos materiales, dependiendo de los tipos de constituyentes a analizar y de la naturaleza del residuo, además debe tener una capacidad suficiente para contener la muestra y el reactivo de extracción. En este caso se utilizan botellas plásticas o teflón (politetrafluoroetileno) de X litros, de ahí que se conocen como "botellas de extracción".
- Sistema de Filtración:
 - Aparato de filtración
 - Bomba de vacío

Nota : Los recipientes de extracción y aparatos de filtración deben estar fabricados de materiales inertes que no lixivien o absorban componentes del residuo.

- Filtros: Los filtros deben ser de fibra de vidrio borosilicato, y no deben tener materiales aglutinantes. Deben tener un tamaño efectivo de poros de 0,6 a 0,8 micrones (μm), o equivalente.
- Medidor de pH: El medidor de pH debe tener una exactitud de $\pm 0,05$ unidades de pH a 25EC. Marca modelo etc....
- Balanza analítica: Se puede utilizar cualquier tipo de balanza analítica que tenga una exactitud de $\pm 0,01$ gramos.
- Matraz Erlenmeyer de vidrio, de 1000 ml.
- Vidrio de reloj: de diámetro adecuado para cubrir el matraz Erlenmeyer.
- Matraz de aforo de 1L
- Probeta
- Agitador Magnético
- Plancha calefactora

10.2.2 Reactivos y soluciones

10.2.2.1 Reactivos

- Agua Desionizada (18 mW)
- Acido clorhídrico concentrado, HCL 37% p.a.: PM; 36.46 g/mol. D: 1,19g/mL
- Acido Nítrico concentrado HNO₃ 65% p.a. , PM: 63.012 g/mol. d: X,x g/mL, p.a.
- Acido acético glacial, CH₃COOH, 65% p.a. , PM: 63.012 g/mol. d: X,x g/mL, p.a.
- Hidróxido de Sodio NaOH: PM; 40,00 g/mol, p.a.

10.2.2.2 Soluciones

- Solución de ácido clorhídrico 1N: Tomar 8,28 mL de ácido clorhídrico concentrado y llevar a un litro con agua desionizada.
- Solución de ácido nítrico 1N: Tomar 69 mL de ácido nítrico concentrado y llevar a un litro con agua desionizada.
- Solución de hidróxido de sodio 1N: Disolver 40 g de hidróxido de sodio p.a. y diluir a volumen final de 1 L con agua desionizada.
- Solución Lixivante o reactivo de extracción:
 - Solución Lixivante N° 1: Agregar 5,7 ml de ácido acético glacial a 500 ml de agua desionizada, añadir 64,3 ml de NaOH 1 N, y diluir hasta 1 litro. Verificar que este reactivo se encuentre entre 4,88 y 4,98 unidades de pH ($4,93 \pm 0,05$).
 - Solución Lixivante N° 2: Diluir 5,7 ml de ácido acético glacial con agua desionizada a un volumen de 1 litro. Verificar que este reactivo se encuentre entre 2,83 y 2,93 unidades de pH ($2,88 \pm 0,05$).

Nota: Antes de usar una solución lixivante, se debe verificar en ella su contenido de impurezas y su pH. Si se detectan impurezas, o si el pH no se encuentra dentro de los rangos antes señalados, la solución lixivante debe ser descartada.

10.2.3 Técnica Operatoria

10.2.3.1 Evaluación preliminar

a) Reducción del tamaño de partícula:

- El residuo debe poseer un tamaño capaz de pasar a través de un tamiz estándar de 9,5 mm, de lo contrario se debe proceder a reducir el tamaño de las partículas a través de la trituración o molienda del residuo.

b) Determinación de la solución lixivante adecuada:

- Pesar 5g del residuo tamizado a un matraz erlenmeyer de 500 mL.
- Agregar 96,5 ml de agua desionizada al matraz, cubrir con un vidrio de reloj y agitar vigorosamente durante 5 minutos usando un agitador magnético. Medir y registrar el pH.
 - Si el pH es $< 5,0$, usar la solución lixivante 1 y, proceder.
 - Si el pH $> 5,0$, agregar 3,5 ml HCl 1 N, agitar suavemente, cubrir con un vidrio de reloj, calentar a $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ y mantener a esa temperatura durante 10 minutos.
- Dejar enfriar la solución a temperatura ambiente y registrar el pH. Si el pH es $< 5,0$, usar la solución lixivante 1. Si el pH es $> 5,0$, usar la solución lixivante 2 y, proceder.

c) Procediendo de extracción (lixiviación)

- Pesar una porción del residuo en una botella de extracción y registrar el peso.
- Adicionar lentamente la cantidad de 20 veces el peso del sólido masado en el punto anterior de solución lixivante 1 o 2 según la evaluación preliminar.

Nota: Para el blanco se debe pesar 400ml de la solución lixiviante según la evaluación preliminar, en una botella de extracción. Debe haber un blanco cada 20 muestras.

- Cerrar la botella de extracción firmemente (se recomienda usar teflón para asegurar un cierre hermético).
- Colocar la botella en el equipo de agitación rotacional y rotar a 30 ± 2 r.p.m. durante 18 ± 2 horas. Mantener la temperatura ambiente (es decir, la temperatura del lugar en donde se realiza la extracción) a 22 ± 3 EC durante el período de la extracción.

d) Separación del extracto por filtración

- Montar el sistema de filtración (ver Figura 22) utilizando un filtro de fibra de vidrio de 0,6 a 0,8 μ m.
- Los filtros dispuestos en el sistema de filtración deben ser lavados con 1L ácido nítrico 1 N antes de su uso, y posteriormente enjuagados tres veces en forma consecutiva con 1L de agua desionizada.
- Luego del lavado el líquido (extracto TCLP) se separa de la fase sólida por filtración al vacío
- Luego de colectar el extracto TCLP, se debe registrar el pH que presenta para luego acidificarlo con ácido nítrico hasta $\text{pH} < 2$ para conservar la muestra para su posterior análisis.

e) Cuantificación por ICP

- El extracto filtrado del TCLP es analizado por Espectroscopía de emisión óptica de plasma acoplado inductivamente (ICP-OES).

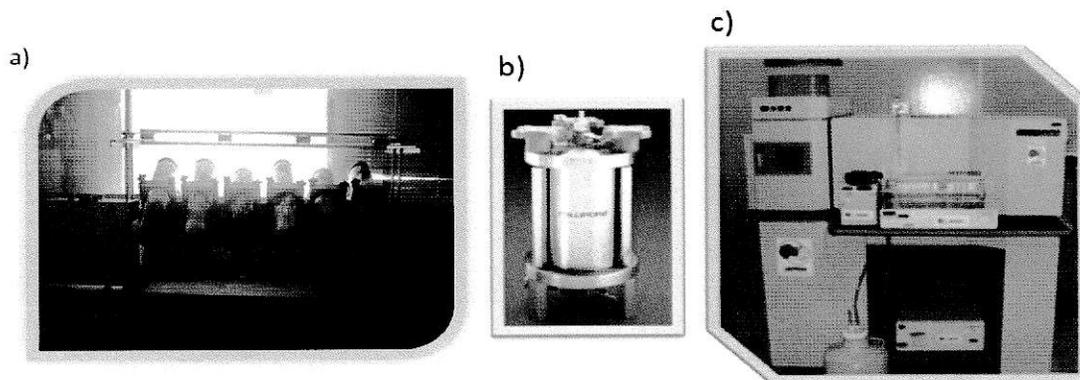


Figura 23. a) Aparato de agitación rotatorio, b) Sistema de extracción ZHE para residuos sólidos (Zero Headspace Extractor) y c) Equipo ICP OES Perkin Elmer 3300 XL para lectura de Metales Pesados.

Fuente: Laboratorio de Química Ambiental (CENMA).

10.3 Determinación de metales con Plasma Inductivamente Acoplado (ICP OES)

El análisis se enfoca en la determinación de analitos inorgánicos presentes en las muestras de pilas. Esta determinación es realizada mediante el un Plasma Inductivamente Acoplado (ICP OES), el cual permite la determinación simultaneas de los analitos en cuestión. Los detalles del instrumento y de operación se muestran en la siguiente Tabla.

Tabla 38. Detalle instrumental ICP OES.

Equipo utilizado	
Técnica	Espectrofotometría de emisión atómica
Marca/modelo	Perkin Elmer Optima 3300 XL
Sistema	Plasma inductivamente acoplado
Software	Winlab 32
Plasma	Flujo de argon 15 L/min, potencia 1300 watts
Bomba peristáltica	1,5 ml/min

10.3.1 Fundamentación

Espectroscopía de emisión óptica de plasma acoplado inductivamente (ICP-OES) es una técnica analítica utilizada para la detección de trazas de metales en muestra ambientales. Su ventaja radica en que puede realizar un análisis a una gran cantidad de muestras en un corto período con límites de detección que suelen oscilar entre partes por millón (ppm) a partes por billón (ppb) para la mayoría de los elementos.

La técnica ICP-OES se basa en la medida de la radiación electromagnética emitida por los distintos elementos presentes en una muestra cuando éstos son excitados por un plasma de inducción. Un plasma es un gas ionizado, eléctricamente neutro y confinado por un campo electromagnético en un tubo de descarga. Dicho gas tiene una temperatura tan elevada (supera los 10.000 K) que es capaz no sólo de secar y atomizar a la muestra sino además de excitarla.

Durante el proceso de desexcitación de los átomos neutros e iones en el interior de un plasma, se producen las emisiones de radiación electromagnética en la zona del UV-visible. Estas radiaciones, características de cada elemento, se separan en función de su longitud de onda y finalmente se mide su intensidad. La selección de la longitud de onda nos permite determinar el metal cualitativamente, mientras que la intensidad de la radiación emitida nos proporcionará la información para poder cuantificarlo.

10.3.2 Validación metodología TCLP

a) Metal Plata (Ag)

TABLA RESUMEN DE LA VALIDACIÓN

PARÁMETRO: Metales-Ag
 MATRIZ: Residuos-TCLP
 ANALISTA: Carolina Parada-Daniel Rebolledo

MÉTODO: ILMAS-011

REPETIBILIDAD			
Identificación de la muestra: (Muestra real; 10 días, mismo analista, mismo equipo)			
Fecha	VALOR OBTENIDO		
	Unidad: mg/L		
03/23/2010	0,099		
03/24/2010	0,085		
03/25/2010	0,097	promedio	0,090
03/26/2010	0,093	desv. Estándar:	0,021
03/29/2010	0,095	Numero de datos	10
03/31/2010	0,082	Grados de Libertad	9
03/30/2010	0,096	t (95,N-1)	2,262
04/01/2010	0,070	repetibilidad	0,015
04/05/2010	0,045	%CV repetibilidad	26,5
04/07/2010	0,042	Incertidumbre	8,4

Observaciones:

REPETIBILIDAD			
(muestra real, mismo día, mismo analista, mismo equipo)			
FECHA	VALOR OBTENIDO		
	Unidad: mg/L		
03/09/2010	0,0050		
03/09/2010	0,0056	promedio	0,005
03/09/2010	0,0055	desv. Estándar:	0,000
03/09/2010	0,0055	Numero de datos	10
03/09/2010	0,0052	Grados de Libertad	9
03/09/2010	0,0050	t (95,N-1)	2,262
03/09/2010	0,0056	repeticabilidad	0,0002
03/09/2010	0,0052	%CV repeticabilidad	5,7
03/09/2010	0,0047	Incertidumbre	1,8
03/09/2010	0,0053		

Observaciones:

SENSIBILIDAD			
FECHA	VALOR OBTENIDO	Rango de Concentraciones	
		Maxima	Minima
03/09/2010	99350		
03/10/2010	91240		
03/22/2010	74080	Promedio	84237,0
03/23/2010	88750	Desv. Estándar	9044
03/24/2010	95230		
03/25/2010	83810		
03/26/2010	80550		
03/30/2010	73410		
04/01/2010	76420		
04/05/2010	79530		

Observaciones:

INCERTIDUMBRE DEL MÉTODO	
INCERTIDUMBRE COMBINADA	9,4 como %CV
INCERTIDUMBRE EXPANDIDA	18,8 como %CV

JUSTEZA			
Identificación MR:			CVR(%)
VALOR, Unidad	0,01		10
(Material de referencia, 10 mediciones)			
Fecha	VALOR OBTENIDO		
	Unidad: mg/L		
03/22/2010	0,012		
03/23/2010	0,010		
03/24/2010	0,010	promedio :	0,010
03/25/2010	0,009	desv. estándar:	0,001
03/26/2010	0,010	Numero de datos	10
03/29/2010	0,010	Grados de Libertad	9
03/31/2010	0,011	t (95,N-1)	2,262
03/30/2010	0,010	Error Relativo %	3,7
04/01/2010	0,011	Justeza %:	96,3
04/05/2010	0,011	Incertidumbre	4,2

Observaciones:

LÍMITE DE DETECCIÓN			
(mismo día, muestra real)			
FECHA	VALOR OBTENIDO		
	Unidad: mg/L		
03/09/2010	0,0050		
03/09/2010	0,0056	promedio:	0,0053
03/09/2010	0,0055	desv. estándar:	0,0003
03/09/2010	0,0055	LDS 3s:	0,0009
03/09/2010	0,0052	LQM 10S:	0,0030
03/09/2010	0,0050	Razón	
03/09/2010	0,0056	conc. estándar/ LD:	5,9
03/09/2010	0,0052		
03/09/2010	0,0047		
03/09/2010	0,0053		

Observaciones:

RECUPERACIÓN			
(Spike sobre muestra real)			
FECHA	VALOR PREPARACION	VALOR ENCONTRADO	Recup. (%)
	Unidad: mg/L	Unidad:	
03/10/2010	0,100	0,0963	96,3
03/10/2010	0,100	0,0911	91,1
03/10/2010	0,100	0,0881	88,1
03/10/2010	0,100	0,0917	91,7
03/10/2010	0,100	0,0923	92,3
	Numero de datos		5
	Grados de Libertad		4
	t (95,N-1)		2,571
	Desv. Estándar		0,003
Recuperación promedio :			91,9

Observaciones:

b) Metal Bario (Ba)

TABLA RESUMEN DE LA VALIDACIÓN

PARÁMETRO: Metales-Ba
 MATRIZ: Residuos-TCLP
 ANALISTA: Carolina Parada-Daniel Rebolledo

MÉTODO: ILMAS-011

REPETIBILIDAD			
Identificación de la muestra: (Muestra real; 10 días, mismo analista, mismo equipo)			
Fecha	VALOR OBTENIDO		
	Unidad: mg/L		
03/22/2010	0,193		
03/23/2010	0,227		
03/24/2010	0,224	promedio	0,176
03/25/2010	0,153	desv. Estándar:	0,032
03/26/2010	0,139	Numero de datos	10
03/29/2010	0,148	Grados de Libertad	9
03/30/2010	0,148	t (95,N-1)	2,262
03/31/2010	0,178	repetibilidad	0,023
04/01/2010	0,165	%CV repetibilidad	17,9
04/05/2010	0,192	Incertidumbre	5,7

Observaciones:

REPETIBILIDAD			
(Muestra real, mismo día, mismo analista, mismo equipo)			
FECHA	VALOR OBTENIDO		
	Unidad: mg/L		
03/09/2010	0,160		
03/09/2010	0,162	promedio	0,172
03/09/2010	0,168	desv. Estándar	0,014
03/09/2010	0,173	Numero de datos	10,000
03/09/2010	0,170	Grados de Libertad	9,000
03/09/2010	0,162	t (95,N-1)	2,262
03/09/2010	0,170	replicabilidad	0,010
03/09/2010	0,164	%CV replicabilidad	8,2
03/09/2010	0,182	Incertidumbre	2,6
03/09/2010	0,207		

Observaciones:

SENSIBILIDAD			
FECHA	VALOR OBTENIDO	Rango de Concentraciones	
		Maxima	Minima
03/09/2010	3249000		
03/10/2010	3137000	Promedio	3246300
03/22/2010	3146000	Desv. Estándar	135759
03/23/2010	3333000		
03/24/2010	3351000		
03/25/2010	3406000		
03/26/2010	3476000		
03/30/2010	3123000		
04/01/2010	3105000		
04/05/2010	3137000		

Observaciones:

INCERTIDUMBRE DEL MÉTODO	
INCERTIDUMBRE COMBINADA	7,0 como %CV
INCERTIDUMBRE EXPANDIDA	14,0 como %CV

JUSTEZA			
Identificación MR:			CVR(%)
VALOR, Unidad	0,1		10
(Material de referencia, 10 mediciones)			
Fecha	VALOR OBTENIDO		
	Unidad: mg/L		
03/22/2010	0,100		
03/23/2010	0,102		
03/24/2010	0,101	promedio :	0,101
03/25/2010	0,100	desv. estándar:	0,004
03/26/2010	0,100	Numero de datos	10
03/29/2010	0,094	Grados de Libertad	9
03/30/2010	0,094	t (95,N-1)	2,262
03/31/2010	0,104	Error Relativo %	0,7
04/01/2010	0,101	Justeza %:	99,3
04/05/2010	0,110	Incertidumbre	4,1

Observaciones:

LÍMITE DE DETECCIÓN			
(mismo día, muestra real)			
FECHA	VALOR OBTENIDO		
	Unidad: mg/L		
03/09/2010	0,160		
03/09/2010	0,162	promedio:	0,17
03/09/2010	0,168	desv. estándar:	0,01
03/09/2010	0,173	LDS 3s:	0,04
03/09/2010	0,170	LQM 10S:	0,14
03/09/2010	0,162	Razón	
03/09/2010	0,170	conc. estándar/ LD:	4,1
03/09/2010	0,164		
03/09/2010	0,182		
03/09/2010	0,207		

Observaciones:

RECUPERACIÓN			
(Spike sobre muestra real)			
FECHA	VALOR PREPARACION	VALOR ENCON-TRADO	Recup. (%)
	Unidad: mg/L	Unidad: mg/L	
03/10/2010	0,100	0,082	82,3
03/10/2010	0,100	0,085	84,9
03/10/2010	0,100	0,084	83,7
03/10/2010	0,100	0,079	79,4
03/10/2010	0,100	0,080	80,0
		Numero de datos	5
		Grados de Libertad	4
		t (95,N-1)	2,571
		Desv. Estándar	0,002
Recuperación promedio :			82,1

Observaciones:

c) Metal Cromo (Cr)

TABLA RESUMEN DE LA VALIDACIÓN

PARÁMETRO: Metales-Cr-267,716 nm
 MATRIZ: Residuos-TCLP
 ANALISTA: Carolina Parada-Dantel Rebolledo

MÉTODO: ILMAS-011

REPETIBILIDAD			
Identificación de la muestra: (Muestra real; 10 días, mismo analista, mismo equipo)			
Fecha	VALOR OBTENIDO		
Unidad: mg/L			
03/23/2010	0,098		
03/24/2010	0,099		
03/25/2010	0,100	promedio	0,093
03/26/2010	0,095	desv. Estándar:	0,007
03/29/2010	0,096	Numero de datos	10
03/30/2010	0,096	Grados de Libertad	9
03/31/2010	0,085	t (95,N-1)	2,262
04/01/2010	0,076	repetibilidad	0,005
04/05/2010	0,095	%CV repetibilidad	7,9
04/06/2010	0,094	Incertidumbre	2,5
Observaciones:			
REPLICABILIDAD			
(Muestra real, mismo día, mismo analista, mismo equipo)			
FECHA	VALOR OBTENIDO		
Unidad: mg/L			
03/09/2010	0,093		
03/09/2010	0,091	promedio	0,094
03/09/2010	0,095	desv. Estándar	0,002
03/09/2010	0,094	Numero de datos	10,000
03/09/2010	0,093	Grados de Libertad	9,000
03/09/2010	0,092	t (95,N-1)	2,262
03/09/2010	0,093	replicabilidad	0,002
03/09/2010	0,093	%CV replicabilidad	2,3
03/09/2010	0,098	Incertidumbre	0,7
03/09/2010	0,097		
Observaciones:			
SENSIBILIDAD			
FECHA	VALOR OBTENIDO	Rango de Concentraciones	
		Maxima	Minima
03/09/2010	70530	Promedio 50029	
03/10/2010	84530	Desv. Estándar 9529,5	
03/22/2010	44460		
03/23/2010	42360		
03/24/2010	44590		
03/25/2010	49230		
03/26/2010	48220		
03/30/2010	45000		
04/01/2010	46120		
04/05/2010	45250		
Observaciones:			
INCERTIDUMBRE DEL MÉTODO			
INCERTIDUMBRE COMBINADA		4,9 como %CV	
INCERTIDUMBRE EXPANDIDA		9,7 como %CV	

JUSTEZA			
Identificación MR:		CVR(%)	
VALOR, Unidad	0,1	10	
(Material de referencia, 10 mediciones)			
Fecha	VALOR OBTENIDO		
Unidad:			
03/22/2010	0,103		
03/23/2010	0,105		
03/24/2010	0,103	promedio :	0,103
03/25/2010	0,103	desv. estándar:	0,003
03/26/2010	0,099	Numero de datos	10
03/29/2010	0,101	Grados de Libertad	9
03/30/2010	0,101	t (95,N-1)	2,262
03/31/2010	0,102	Error Relativo %	2,9
04/01/2010	0,103	Justeza %:	97,1
04/05/2010	0,109	Incertidumbre	4,2
Observaciones:			
LÍMITE DE DETECCIÓN			
(mismo día, muestra real)			
FECHA	VALOR OBTENIDO		
Unidad: mg/L			
03/23/2010	0,098		
03/24/2010	0,099	promedio:	0,093
03/25/2010	0,100	desv. estándar:	0,007
03/26/2010	0,095	LDS 3s:	0,0220
03/29/2010	0,096	LQM 10S:	0,0734
03/30/2010	0,096	Razón	
03/31/2010	0,085	conc. estándar/ LD:	4,2
04/01/2010	0,076		
04/05/2010	0,095		
04/06/2010	0,094		
Observaciones:			
RECUPERACIÓN			
(Spike sobre muestra real)			
FECHA	VALOR PREPARACION	VALOR ENCONTRADO	Recup. (%)
		Unidad: mg/L	Unidad: mg/L
03/10/2010	0,100	0,0950	95,0
03/10/2010	0,100	0,0989	98,9
03/10/2010	0,100	0,0933	93,3
03/10/2010	0,100	0,0909	90,9
03/10/2010	0,100	0,0932	93,2
		Numero de datos	5
		Grados de Libertad	4
		t (95,N-1)	2,571
		Desv. Estándar	0,003
Recuperación promedio :			94,3
Observaciones:			



d) Metal Plomo (Pb)

TABLA RESUMEN DE LA VALIDACIÓN

PARÁMETRO: Metales-Pb
 MATRIZ: Residuos-TCLP
 ANALISTA: Carolina Parada-Daniel Rebolledo

MÉTODO: ILMAS-011

REPETIBILIDAD			
Identificación de la muestra: (Muestra real; 10 días, mismo analista, mismo equipo)			
Fecha	VALOR OBTENIDO		
	Unidad: mg/L		
03/22/2010	4,276		
03/23/2010	4,035		
03/24/2010	4,122	promedio	4,050
03/25/2010	4,074	desv. Estándar:	0,270
03/26/2010	3,830	Numero de datos	10
03/29/2010	4,123	Grados de Libertad	9
03/30/2010	4,102	t (95,N-1)	2,262
03/31/2010	4,215	repetibilidad	0,193
04/01/2010	3,391	%CV repetibilidad	6,7
04/05/2010	4,334	incertidumbre	2,1

Observaciones:

REPLICABILIDAD			
(Muestra real, mismo día, mismo analista, mismo equipo)			
FECHA	VALOR OBTENIDO		
	Unidad: mg/L		
03/09/2010	3,9580		
03/09/2010	4,1900	promedio	4,131
03/09/2010	4,1190	desv. Estándar	0,098
03/09/2010	4,1820	Numero de datos	10,000
03/09/2010	4,0350	Grados de Libertad	9,000
03/09/2010	4,1600	t (95,N-1)	2,262
03/09/2010	4,0830	replicabilidad	0,070
03/09/2010	4,2300	%CV replicabilidad	2,4
03/09/2010	4,2840	incertidumbre	0,7
03/09/2010	4,0640		

Observaciones:

SENSIBILIDAD			
FECHA	VALOR OBTENIDO	Rango de Concentraciones	
		Maxima	Mínima
03/09/2010	1961		
03/10/2010	2147		
03/22/2010	1968	Promedio	2027
03/23/2010	1802	Desv. Estándar	129
03/24/2010	1931		
03/25/2010	2256		
03/26/2010	2131		
03/30/2010	1996		
04/01/2010	2008		
04/05/2010	2073		

Observaciones:

INCERTIDUMBRE DEL MÉTODO	
INCERTIDUMBRE COMBINADA	4,6 como %CV
INCERTIDUMBRE EXPANDIDA	9,2 como %CV

JUSTEZA			
Identificación MR:			CVR(%)
VALOR, Unidad		0,1	10
(Material de referencia, 10 mediciones)			
Fecha	VALOR OBTENIDO		
	Unidad: mg/L		
03/22/2010	0,098		
03/23/2010	0,091		
03/24/2010	0,095	promedio	0,099
03/25/2010	0,102	desv. estándar:	0,005
03/26/2010	0,101	Numero de datos	10
03/29/2010	0,097	Grados de Libertad	9
03/30/2010	0,096	t (95,N-1)	2,262
03/31/2010	0,100	Error Relativo %	-1,0
04/01/2010	0,103	Justeza %:	99,0
04/05/2010	0,108	incertidumbre	4,1

Observaciones:

LÍMITE DE DETECCIÓN			
(mismo día, muestra real)			
FECHA	VALOR OBTENIDO		
	Unidad: mg/L		
03/22/2010	0,214		
03/23/2010	0,202	promedio:	0,2025
03/24/2010	0,206	desv. estándar:	0,0135
03/25/2010	0,204	LDS 3s:	0,0405
03/26/2010	0,192	LQM 10S:	0,1349
03/29/2010	0,206	Razón	
03/30/2010	0,205	conc. estándar/ LD:	5,0
03/31/2010	0,211		
04/01/2010	0,170		
04/05/2010	0,217		

Observaciones:

RECUPERACIÓN			
(Spike sobre muestra real)			
FECHA	VALOR PREPARACION	VALOR ENCONTRADO	Recup. (%)
	Unidad:	Unidad:	
03/13/2010	0,100	0,089100	89,1
03/13/2010	0,100	0,093700	93,7
03/13/2010	0,100	0,092400	92,4
03/13/2010	0,100	0,097800	97,8
03/13/2010	0,100	0,093200	93,2
		Numero de datos	5
		Grados de Libertad	4
		t (95,N-1)	2,571
		Desv. Estándar	0,003
Recuperación promedio:			93,2

Observaciones:

e) Metal Cadmio (Cd)

TABLA RESUMEN DE LA VALIDACIÓN

PARÁMETRO: Metales-Cd
 MATRIZ: Residuos-TCLP
 ANALISTA: Carolina Parada-Daniel Reboledo

MÉTODO: ILMAS-011

REPETIBILIDAD			
Identificación de la muestra: (Muestra real; 10 días, mismo analista, mismo equipo)			
Fecha	VALOR OBTENIDO		
	Unidad: mg/L		
03/23/2010	0,096		
03/24/2010	0,099		
03/25/2010	0,100	promedio	0,092
03/26/2010	0,094	desv. Estándar:	0,007
03/29/2010	0,095	Numero de datos	10
03/30/2010	0,095	Grados de Libertad	9
03/31/2010	0,085	t (95,N-1)	2,262
04/01/2010	0,076	repetibilidad	0,005
04/05/2010	0,089	%CV repetibilidad	8,0
04/06/2010	0,090	Incertidumbre	2,5
Observaciones:			
REPLICABILIDAD			
(Muestra real, mismo día, mismo analista, mismo equipo)			
FECHA	VALOR OBTENIDO		
	Unidad: mg/L		
03/09/2010	0,090		
03/09/2010	0,090	promedio	0,091
03/09/2010	0,090	desv. Estándar	0,001
03/09/2010	0,091	Numero de datos	10,000
03/09/2010	0,090	Grados de Libertad	9,000
03/09/2010	0,091	t (95,N-1)	2,262
03/09/2010	0,091	replicabilidad	0,001
03/09/2010	0,091	%CV replicabilidad	1,1
03/09/2010	0,092	Incertidumbre	0,3
03/09/2010	0,093		
Observaciones:			
LÍMITE DE DETECCIÓN			
(mismo día, muestra real)			
FECHA	VALOR OBTENIDO		
	Unidad: mg/L		
03/23/2010	0,096		
03/24/2010	0,099	promedio:	0,092
03/25/2010	0,100	desv. estándar:	0,007
03/26/2010	0,094	LDS 3s:	0,0221
03/29/2010	0,095	LCM 10S:	0,0737
03/30/2010	0,095	Razón	
03/31/2010	0,085	conc. estándar/ LD:	4,2
04/01/2010	0,076		
04/05/2010	0,089		
04/06/2010	0,090		
Observaciones:			
RECUPERACIÓN			
(Spike sobre muestra real)			
FECHA	VALOR PREPARACION	VALOR ENCONTRADO	Recup. (%)
	Unidad:	Unidad:	
03/10/2010	0,100	0,0905	90,5
03/10/2010	0,100	0,0910	91,0
03/10/2010	0,100	0,0911	91,1
03/10/2010	0,100	0,0920	92,0
03/10/2010	0,100	0,0929	92,9
	Numero de datos		5
	Grados de Libertad		4
	t (95,N-1)		2,571
	Desv. Estándar		0,001
Recuperación promedio:			91,5
Observaciones:			
INCERTIDUMBRE DEL MÉTODO			
INCERTIDUMBRE COMBINADA		4,8 como %CV	
INCERTIDUMBRE EXPANDIDA		9,6 como %CV	

f) Metal Selenio (Se)

TABLA RESUMEN DE LA VALIDACIÓN

PARÁMETRO: Metales-Se
 MATRIZ: Residuos-TCLP
 ANALISTA: Carolina Parada-Daniel Rebolledo

MÉTODO: ILMAS-011

REPETIBILIDAD			
Identificación de la muestra: (Muestra real; 10 días, mismo analista, mismo equipo)			
Fecha	VALOR OBTENIDO		
Unidad: mg/L			
03/23/2010	0,262		
03/24/2010	0,258		
03/25/2010	0,278	promedio	0,300
03/26/2010	0,276	desv. Estándar:	0,083
03/28/2010	0,284	Numero de datos	10
03/30/2010	0,264	Grados de Libertad	9
03/31/2010	0,232	t (95,N-1)	2,262
04/01/2010	0,330	repetibilidad	0,045
04/06/2010	0,427	%CV repetibilidad	21,0
04/08/2010	0,391	Incertidumbre	6,6

Observaciones:

REPETIBILIDAD			
(Muestra real, mismo día, mismo analista, mismo equipo)			
FECHA	VALOR OBTENIDO		
Unidad: mg/L			
03/10/2010	0,285		
03/10/2010	0,294	promedio	0,293
03/10/2010	0,298	desv. Estándar:	0,018
03/10/2010	0,318	Numero de datos	10
03/10/2010	0,324	Grados de Libertad	9
03/10/2010	0,281	t (95,N-1)	2,262
03/10/2010	0,268	replicabilidad	0,013
03/10/2010	0,281	%CV replicabilidad	6,0
03/10/2010	0,284	Incertidumbre	1,9
03/10/2010	0,304		

Observaciones:

SENSIBILIDAD			
FECHA	VALOR OBTENIDO	Rango de Concentraciones	
Maxima			
Minima			
03/09/2010	325,8		
03/10/2010	311,1	Promedio	313,7
03/22/2010	304,4	Desv. Estándar	15,6
03/23/2010	321,5		
03/24/2010	335,1		
03/25/2010	317,6		
03/26/2010	324,8		
03/30/2010	313,2		
04/01/2010	304,9		
04/06/2010	279,0		

Observaciones:

INCERTIDUMBRE COMBINADA	
INCERTIDUMBRE COMBINADA	8,1 como %CV
INCERTIDUMBRE EXPANDIDA	16,2 como %CV

IDENTIFICACIÓN MR:			
VALOR, Unidad			CVR(%)
			10
(Material de referencia, 10 mediciones)			
Fecha	VALOR OBTENIDO		
Unidad: mg/L			
03/22/2010	0,098		
03/23/2010	0,065		
03/24/2010	0,115	promedio :	0,093
03/25/2010	0,083	desv. estándar:	0,015
03/26/2010	0,081	Numero de datos	10
03/29/2010	0,097	Grados de Libertad	9
03/30/2010	0,096	t (95,N-1)	2,262
03/31/2010	0,083	Error Relativo %	-6,9
04/01/2010	0,113	Justeza %:	93,1
04/06/2010	0,102	Incertidumbre	4,6

Observaciones:

UNIFORMIDAD			
(mismo día, muestra real)			
FECHA	VALOR OBTENIDO		
Unidad: mg/L			
03/10/2010	0,285		
03/10/2010	0,294	promedio:	0,29
03/10/2010	0,298	desv. estándar:	0,02
03/10/2010	0,318	LDS 3s:	0,063
03/10/2010	0,324	LQM 10S:	0,177
03/10/2010	0,281	Razón	
03/10/2010	0,268	conc. estándar/ LD:	5,6
03/10/2010	0,281		
03/10/2010	0,284		
03/10/2010	0,304		

Observaciones:

RECUPERACIÓN			
(Spike sobre muestra real)			
FECHA	VALOR PREPARACION	VALOR ENCONTRADO	Recup. (%)
Unidad: mg/L			
03/10/2010	0,100	0,092	92,2
03/10/2010	0,100	0,103	103,4
03/10/2010	0,100	0,108	107,5
03/10/2010	0,100	0,104	104,0
03/10/2010	0,100	0,102	102,0
Numero de datos			5
Grados de Libertad			4
t (95,N-1)			2,571
Desv. Estándar			0,006
Recuperación promedio :			101,8

Observaciones: