

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
Facultad de Recursos Naturales y del Ambiente



TRABAJO DE DIPLOMA

*Evaluación de los Niveles de Plomo en Suelos de Diez
Talleres de Baterías para Vehículos y en Suelos Afectados
por la Influencia Vehicular*

Autor: Bra. Giselle Castro Cerda

Tutor: Lic. MSc. Gustavo Valverde Reyes

Managua, Agosto del 2005

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
Facultad de Recursos Naturales y del Ambiente



TRABAJO DE DIPLOMA

*Evaluación de los Niveles de Plomo en Suelos de Diez
Talleres de Baterías para Vehículos y en Suelos Afectados
por la Influencia Vehicular*

Autor: Bra. Giselle Castro Cerda

Tutor: Lic. MSc. Gustavo Valverde Reyes

**Presentado a la consideración del Honorable Tribunal Examinador como
requisito final para optar al Título de Ingeniera en Recursos Naturales Renovables**

Managua, Agosto del 2005

Dedicatoria

A DIOS, nuestro señor por haber iluminado mi camino durante todas las etapa de mi vida.

A mi MADRE, **Yasmina Cerda Calero**, quien con mucho dedicación y abnegación me acompaño desde mis primeros pasos, adolescencia y en la culminación de mi formación profesional.

A mi padre **Alfredo Castro Úbeda** quien con mucho cariño y esfuerzo contribuyo a la realización de un sueño que se hizo realidad.

A mi querida hermana **Jheyemi Yasmina Castro Cerda**.

Agradecimiento

A la Universidad Nacional Agraria por prestar sus aulas durante estos 4 años ½ de preparación profesional.

Al programa PASMA por el apoyo financiero para la realización del presente trabajo de diploma.

Al Lic. MSc. Gustavo Valverde Reyes por la asesoría brindada durante la realización del presente trabajo.

A la Lic. Ana Mercedes Poveda por brindarme su orientación, apoyo y cariño para la culminación del presente trabajo.

A Rhina Hernández y Celia Villatoro mis compañeras de clases y amigas por brindarme su apoyo en los momentos difíciles de nuestros estudios.

A los dueños de los talleres de reparación de baterías por haber autorizado la realización del estudio de los niveles de plomo en suelo y agua.

INDECE GENERAL

CONTENIDO	PAGINA
Dedicatoria	i
Agradecimientos	ii
Índice General	iii
Índice de Tablas	vi
Índice de Figuras	vii
Resumen	viii
Abstract	ix
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS	3
2.1 Objetivo general	3
2.1.1 Objetivos específicos	3
III. REVISIÓN DE LITERATURA	4
3.1 Suelo	4
3.2 El plomo: Procedencia y aplicaciones	4
3.2.1 Efectos característicos	6
3.3 Factores del suelo que afectan la acumulación y disponibilidad del Pb	7
3.3.1 Reacción del suelo	7
3.3.2 Mineralogía de las arcillas	7
3.3.3 Materia orgánica	8
3.3.4 Capacidad de cambio	8
3.4 La contaminación del suelo	9

3.4.1	Contaminación de origen natural	9
3.4.2	Contaminación antrópica	10
3.4.3	Contaminación por influencia vehicular	10
3.5	Comportamiento en el medio ambiente	11
3.5.1	Agua	11
3.5.2	Aire	11
3.5.3	Suelo	12
3.5.4	Tiempo medio de persistencia	12
3.6	cadena alimenticia	12
3.7	La especiación	12
3.8	El ciclo del plomo en la naturaleza	13
3.9	Efectos del plomo sobre la salud humana	14
3.10	Efecto del plomo por inhalación	15
3.10.1	Por decantación en suelo urbanos	16
3.10.2	Por decantación en suelos agrícolas	17
3.11	¿Qué es una batería de vehículo?	17
IV.	MATERIALES Y METODOS	18
4.1	Sitios de muestreo	18
4.1.1	Talleres de baterías	18
4.1.2	Muestreo en los sitios de influencia vehicular	20
4.1.3	Muestras control	21
4.2	Procedimiento analíticos	21
4.3	Evaluación estadística	21
4.4	Referencias utilizadas para la evaluación del plomo en el suelo	22

V.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	23
	5.1 Resultados de los parámetros medidos	23
	5.1.1 Distrito II	23
	5.1.1.1 pH	23
	5.1.1.2 Materia orgánica	24
	5.1.1.3 Capacidad de intercambio catiónico	24
	5.1.1.4 Textura	24
	5.1.1.5 Nivel de plomo	24
	5.1.2 Distrito V	26
	5.1.2.1 pH	26
	5.1.2.2 Materia orgánica	26
	5.1.2.3 Capacidad de intercambio catiónico	26
	5.1.2.4 Textura	28
	5.1.2.5 Nivel de plomo	28
	5.1.3 Distrito VI	28
	5.1.3.1 pH	29
	5.1.3.2 Materia orgánica	29
	5.1.3.3 Capacidad de intercambio catiónico	29
	5.1.3.4 Textura	30
	5.1.3.5 Nivel de plomo	31
	5.2 Influencia de los niveles de plomo en el suelo	31
	5.3 Distribución porcentual del efecto del plomo en el suelo	33
	5.4 Influencia vehicular	34
	5.5 Nivel de plomo en las aguas servidas de los talleres de baterías de vehículo	35
VI.	CONCLUSIONES	38
VII.	RECOMENDACIONES	39
VIII.	BIBLIOGRAFÍA	40

INDICE DE TABLAS

Tabla	Página
1. Compuestos importantes del plomo	5
2. Ubicación de los talleres de baterías donde se realizó el muestreo del suelo	20
3. Algunas propiedades y niveles de plomo encontrados en las muestras tomadas en tres talleres de baterías para vehículos en el Distrito II	25
4. Algunas propiedades y niveles de plomo encontrados en las muestras tomadas en tres talleres de baterías para vehículos en el Distrito V	27
5. Algunas propiedades y niveles de plomo encontrados en las muestras tomadas en tres talleres de baterías para vehículos en el Distrito V	30
6. Influencia de los talleres de baterías en los niveles de plomo en los tres talleres	32
7. Influencia del tránsito vehicular en los niveles de plomo en el suelo	34
8. Nivel de plomo en las aguas servidas de los talleres de baterías para vehículos	36

INDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1. Mapa que representa la ubicación de los talleres de baterías muestreados	19
2. Distribución porcentual del plomo en el suelo del total de muestras evaluadas en los talleres de baterías de vehículos.	33

Resumen

Se presenta los principales resultados obtenidos en el estudio sobre la evaluación de los diferentes niveles de plomo en muestras de suelo recolectadas en algunos talleres de reparación de baterías de vehículos distribuidos en tres distritos (II, V y VI) en la ciudad de Managua (49 muestras), así como también en muestras de agua servidas de los mismos talleres (ocho muestras) y en muestras de suelo tomadas donde se asume que existe mayor tráfico vehicular (diez muestras). A todas las muestras de suelo se les determinó algunas propiedades fisico-químicas (textura, pH, conductividad eléctrica, contenido porcentual de materia orgánica y capacidad de intercambio catiónico, CIC). El Pb en las muestras de suelo fue analizado por el método de extracción con HNO_3 0.43 N por Espectrofotometría de Absorción Atómica. Los resultados indican que la mayoría de las muestras analizadas en los tres distritos se encuentran por encima de 400 mg/kg de suelo, encontrándose que en los talleres del Distrito II, el 100 % de las muestras analizadas están por encima de este nivel. En términos generales, los resultados se agruparon en tres niveles. 1) El 8 % de las muestras analizadas presentaron contenidos de Pb menor de 140 mg/kg. 2) El 18 % de presentó contenidos de Pb que se ubican de 140 a 400 mg/kg de suelo y 3) El 74 % resultó con contenidos de plomo por encima de 400 mg/kg de suelo. Con respecto a la influencia vehicular, se encontró que sí hay efecto pues al comparar resultados de plomo con muestras de suelo tomadas donde no hay influencia vehicular, aquellas resultaron con mayor concentración de plomo, aunque con niveles de plomo muy por debajo de los 140 mg/kg de suelo. En el caso de las muestras de agua, todas resultan con contenidos de Pb por encima de lo establecido por la OMS que es de 0.01 mg/litro. En conclusión se tiene que los talleres de baterías de vehículos continúan afectando negativamente en el ambiente, en algunos casos con resultados alarmantes, sin que hasta el momento se tenga planeado contrarrestar el problema.

Palabras claves: *Suelo, taller de batería, plomo, nivel de plomo, contaminación de plomo.*

Abstract

In ten centers of repairing of storage batteries distributed in three districts of Managua (Districts II, V and VI) 49 soil samples (surface soils from the top 5 cm of depth) and 8 waste water samples were taken with the objective of evaluating the levels of lead in these samples. Also, 10 soil samples more were taken where the traffic cars is assumed to be concentrated. The following soil properties were determined: particle size distribution (by the hydrometer method), pH (ratio 1:2.5 in water), electrical conductivity (conductimeter method), organic carbon (Walkley-Black method) and cationic exchange capacity (NH_4OAc 1 N pH 7 method). Extraction of lead from soil samples was done with 0.43 N HNO_3 and lead was read by Absorption Atomic Spectrophotometry. The results show that the 100 % of soil samples taken in the centers of repairing storage batteries located in District II are above of 400 mg Pb/kg. In generally, the results are gathered in three levels. First level: Eight percent of analyzed soil samples have a content of lead less than 140 mg/kg of soil. Second level: 18 % has a level between 140 and 400 mg Pb/kg of soil and Third level: 74 % of soil samples have a content lead greater than 400 mg/kg of soil. With respect to vehicular traffic lead pollution it was found a positive effect since this results were compared with two soil samples without any effect of lead pollution by vehicular traffic. All samples under vehicular effect gave results less than 140 mg of lead/kg of soil. The samples of analyzed waste water have a result which are above of level permitted by WHO (this is 0.01 mg/L of water. According these results, the centers of storage batteries repairing are affecting our environment in a negative way, in most cases with alarming level of lead, and does not exist at this moment a plan to solve this huge problem.

Key words: *Soil, center of storage batteries repairing , lead, level of lead, lead pollution.*

I. INTRODUCCIÓN

Uno de los problemas más asociados con el desarrollo industrial es la contaminación ambiental. El plomo (Pb) ha sido considerado durante muchos años como uno de los principales contaminantes ambientales, debido al extenso uso que ha tenido como componente de la gasolina como antidetonante (los alquilo de plomo), esto es con el fin de aumentar el octanaje de la gasolina usada para los motores de gasolina. A raíz de los usos mencionados, el plomo ingresa en el ambiente donde permanece indefinidamente dado su carácter de contaminante persistente.

La presencia de plomo en el organismo humano es, por consiguiente, consecuencia de la contaminación antropogénica con efectos nocivos para la salud. La cantidad de plomo en el organismo se relaciona con los niveles de concentración del mismo en el ambiente. Los efectos en la salud se relacionan con la carga corporal de plomo y la forma más utilizada de medir ésta última es determinando el nivel de plomo en sangre (plumbemia.)

En los seres humanos, el plomo principalmente afecta el sistema nervioso y las células sanguíneas, pudiendo provocar disminución del índice intelectual, trastornos en el aprendizaje y la conducta, problemas de audición, anemias, entre otros. Los niños hasta de tres años son los más susceptibles a la toxicidad plúmbica. Esto se debe a que ellos tienen un sistema nervioso en desarrollo, menor masa corporal, mayor capacidad de absorción intestinal, menor tasa de eliminación, proximidad al suelo y tendencia a poner objetos y tierra en la boca. El plomo puede ser transferido fácilmente al feto en desarrollo vía placenta.

La problemática de la contaminación por plomo en Managua y otras ciudades de los departamentos ha existido desde hace muchos años. Es decir, desde que se inició a la improvisación de pequeños talleres de baterías sin tener el mínimo cuidado de protección al laborante del taller. El MINSA ha realizado análisis de plomo en sangre de algunas de estas personas y de vecinos a los talleres y los resultados han estado por encima de los valores máximos recomendados por la Organización Mundial de la Salud (OMS, 15 $\mu\text{g/dL}$ de plomo en la sangre). En Managua, son numerosos los casos que están en esta situación.

Pocos son los estudios que se han realizado en Nicaragua relativos a la exposición al plomo. En Estados Unidos el nivel de plomo permisible en el suelo es de 400 mg/kg, mientras que en Canadá es de 140 mg/kg de suelo. El Laboratorio de Suelos y Agua de la Universidad Nacional Agraria en análisis de muestras de suelos provenientes de diferentes sitios en Managua en el año 2002, reportó resultados que estaban entre 40 y 50,000 ppm de Pb (mg/kg de suelo), lo cual significa una situación alarmante del estado de contaminación por plomo, principalmente en los talleres de baterías.

Frente a esta situación, se presenta la necesidad de realizar un estudio diagnóstico de los niveles de plomo en diferentes talleres de reparación de baterías ubicados en el distrito III, V, VI y en suelos afectados por la influencia vehicular.

Nicaragua no cuenta con una normativa nacional que regule la concentración de este contaminante en el suelo. Entonces se toma como valor guía los indicados por organismos internacionales.

Para el caso de suelos de uso residencial o urbano se utilizan 400 mg Pb/kg de suelo (Environmental Protection Agency, EPA-USA).

II. OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

Realizar un estudio de los niveles de plomo en el suelo circundante de talleres de reparación de baterías para vehículos y en algunos suelos afectados por la influencia vehicular en Managua.

2.1.1 Objetivos específicos

- Determinar la concentración de Pb total en suelos circundantes y en aguas servidas de talleres de baterías.
- Comparar los diferentes niveles de Pb entre los sitios seleccionados.
- Agrupar los sitios en estudio de acuerdo al nivel permitido de Pb en el suelo.

III. REVISIÓN DE LITERATURA

3.1 Suelo

El suelo es la capa superior de la zona insaturada de la tierra. Los suelos son muy diversos en composición y comportamiento. La fase sólida consiste de partículas minerales de varias formas y materia orgánica en varias etapas de degradación. Las raíces de las plantas y la población vivientes del suelo completan el sistema. En la naturaleza, los suelos son conglomerados heterogéneos de materiales, formando un medio poroso. Los espacios entre las fases sólida, líquida y gaseosa conducen a un modelo de procesos continuamente cambiantes de origen químico y biológico, conduciendo a propiedades del suelo transitorias. La porosidad del sistema suelo está controlada principalmente por la asociación de las partes mineral y orgánica, agua del suelo teniendo un efecto fuerte. Sin embargo, la reactividad entre las fases líquida y sólida podría, con el tiempo, afectar la estabilidad del medio poroso a sí mismo, consecuentemente, cambian las aberturas de los espacios de la fase reactiva.

En la mayoría de los suelos naturales las partículas sólidas tienden a ser moldeadas en agregados o terrones ya sea por un fenómeno de estira y encoge bajo condiciones de humedecimiento y de secado, o por amoldamiento inducido biológicamente, debido a los animales del suelo, las raíces de las plantas y hongos. Esta situación de nuevo afecta la porosidad del sistema suelo, con implicaciones para el transporte de agua, solutos, líquidos no acuosos y partículas suspendidas en la zona insaturada del suelo de la superficie de la tierra o el agua subterránea (Yaron *et al.*, 1996.)

3.2 El plomo: Procedencia y aplicaciones

El plomo es un metal blando que ha sido conocido a través de los años por muchas aplicaciones. Este ha sido usado ampliamente desde el año 500 antes de Cristo para aplicaciones en productos metálicos, cables y tuberías, pero también en pinturas y pesticidas.

Procedencia

El plomo es un elemento que representa aproximadamente el 0,002 % de la corteza terrestre encontrándose en forma natural. Fue uno de los primeros metales extraídos por el hombre. Sus minerales más importantes son la galena (PbS), la cerusita (PbCO₃), la crocoísa (PbCrO₄), la piromorfita (Pb₅(PO₄)Cl) y la anglesita (PbSO₄). El metal se produce primariamente por fundición del mineral. Los principales yacimientos de éste se encuentran en Australia, Canadá, Estados Unidos y Rusia. La producción mundial minera es de aproximadamente 3.3 x 10⁶ Mg/año. En América Latina se produce el 14 % de este total, siendo los más importantes productores Perú y México (Danza *et al.*, 2000). La tendencia al incremento en la producción y el consumo de plomo en América Latina ha aumentado el riesgo de exposición y de daños en la salud de la población (Corey y Galvao, 1989).

Aplicaciones

En 1987, alrededor del 60 % del plomo producido se utilizaba para la fabricación de acumuladores (ULLMANN, 1990). Otros campos de aplicación son: tubos de plomo, aleaciones, cables, pigmentos y antidetonantes para combustibles. A nivel mundial se recupera en promedio el 25-40 % del plomo usado, mediante el reciclado de chatarra y desechos del plomo (MERIAM, 1984.)

Tabla 1. Compuestos importantes del plomo (fuente: Merian, 1984)

Compuestos	Fórmula	Usos
Óxidos	PbO	Fabricación de vidrio cristal
	Pb ₃ O ₄	Antioxidante para el hierro
	PbO ₂	Agente oxidante
Estearato	Pb(C ₁₇ H ₃₅ COO) ₂	Estabilizador en compuestos de PVC
Oleatos, naftenatos:		Acelerantes de secado para pinturas al óleo
Tetracetato	Pb(CH ₃ COO) ₄	Agente oxidante
Tetraquilos	Pb(CH ₃) ₄	Antidetonantes en combustibles
	Pb(C ₂ H ₅) ₄	Compuestos orgánicos del Pb

El plomo pertenece al Grupo IVA de la tabla periódica y tiene un peso atómico de 207.19. Su estado de oxidación es Pb^{2+} y Pb^{4+} . Tiene cuatro isótopos estables y uno radioactivo (^{212}Pb con una vida media de 10 horas). Las sales de plomo pueden ser ligeramente solubles en agua (Cl^- y Br^-) o casi insolubles (CO_3^{2-} e OH^-). Ver Tabla 1.

3.2.1 Efectos característicos

Seres humanos

El plomo puede incorporarse al organismo por inhalación de polvos o por el consumo de alimentos que contienen plomo. Recientemente se ha descubierto que el plomo ingresa al cuerpo humano en grandes cantidades a través del consumo de agua potable.

El plomo inhibe la actividad de varias enzimas del metabolismo hemoglobínico, lo que reduce el balance de oxígeno y el volumen respiratorio. También disminuye la actividad del ácido-aminolevulínico-dehidratasa en los eritrocitos.

Se estima que el límite superior del nivel del plomo en sangre con el que todavía no se ve afectada la salud, es de 35 $\mu g Pb/ 100ml$ de sangre para los adultos y de 30 $\mu g Pb/ 100ml$ para niños y mujeres embarazadas. La OMS aplica un valor límite de 100 $\mu g Pb/ 100 ml$, valor que en la mayoría de los países es considerablemente más bajo.

Aproximadamente el 90 % del plomo ingerido por la boca vuelve a eliminarse, 75-80 % por vía renal (MERIAM, 1984). Una pequeña parte se deposita en el pelo y en las uñas, se exuda con la transpiración o se acumula en la leche materna.

Plantas

Las plantas absorben el plomo fundamentalmente del suelo y solamente pequeñas cantidades del aire. Tiene efectos nocivos sobre el crecimiento. A partir de las 5 ppm se produce un considerable retraso del crecimiento acompañado de decoloración y anomalías morfológicas. La fotosíntesis, la respiración y otros procesos de intercambio metabólico se ven perturbados.

Finalmente, el plomo inhibe la asimilación de nutrientes. En términos generales la calidad se deteriora más que la cantidad producida.

3.3 Factores del suelo que afectan la acumulación y disponibilidad del Pb

La toxicidad de un agente contaminante (plomo en este caso) no sólo va a depender de sí mismo sino que de las características que se encuentren en el suelo van a ser decisivas. La sensibilidad de los suelos a la agresión de los contaminantes va a ser muy distinto dependiendo de una serie de características edáficas.

3.3.1 Reacción del suelo

Es un factor esencial. La mayoría de los metales tienden a estar más disponibles a pH ácido, excepto As, Mo, Se y Cr, los cuales tienden a estar más disponibles a pH alcalino.

El pH, es un parámetro importante para definir la movilidad del catión, debido a que en medios de pH moderadamente alto se produce la precipitación como hidróxidos. En medios muy alcalinos, pueden nuevamente pasar a la solución como hidroxicomplejos.

Por otra parte, algunos metales pueden estar en la disolución del suelo como aniones solubles. Tal es el caso de los siguientes metales: Se, V, As, Cr.

La adsorción de los metales pesados está fuertemente condicionada por el pH del suelo.

3.3.2 Mineralogía de las arcillas

La arcilla tiende a adsorber a los metales pesados, quedan retenidos en sus posiciones de cambio. Por el contrario los suelos arenosos carecen de capacidad de fijación de los metales pesados, los cuales pasan rápidamente al subsuelo y pueden contaminar los niveles freáticos.

Cada especie mineral tiene unos determinados valores de superficie específica y descomposición eléctrica. Ambas características son las responsables del poder de absorción de estos minerales. La capacidad de cambio de cationes es mínima para los minerales del grupo de la caolinita, baja para las micas, alta para las esmécticas y máxima para las vermiculitas.

3.3.3 Materia orgánica

Reacciona con los metales formando complejos de cambio y quelatos. Los metales una vez que forman quelatos o complejos pueden migrar con mayor facilidad a lo largo del perfil.

La materia orgánica puede adsorber tan fuertemente a algunos metales, como es el Cu, que pueden quedar en posición no disponible por las plantas. Por eso algunas plantas, de suelos orgánicos, presentan carencia de ciertos elementos como el Cu, Pb y el Zn forman quelatos solubles muy estables.

La complejación por la materia orgánica del suelo es uno de los procesos que gobiernan la solubilidad y la bioasimilación de los metales pesados. La toxicidad de los metales pesados se potencia en gran medida por su fuerte tendencia a formar complejos órgano-metálicos, lo que facilita su solubilidad, disponibilidad y dispersión. La estabilidad de muchos de estos complejos frente a la degradación por los organismos del suelo es una causa muy importante de la persistencia de la toxicidad. Pero también la presencia de abundantes quelatos puede reducir la concentración de otros iones tóxicos en la solución del suelo.

3.3.4 Capacidad de cambio

Es función del contenido de arcilla y materia orgánica fundamentalmente. En general cuanto mayor sea la capacidad de intercambio catiónico, mayor será la capacidad del suelo de fijar metales. El poder de absorción de los distintos metales pesados depende de su valencia y del radio iónico hidratado; a mayor tamaño y menor valencia, menos fuertemente quedan retenidos.

3.4 La contaminación del suelo

La contaminación del suelo consiste en la introducción de un elemento extraño al sistema suelo o la existencia de un nivel inusual de uno propio que, por sí mismo o por su efecto sobre los restantes componentes, genera un efecto nocivo para los organismos del suelo, sus consumidores o es susceptible de transmitirse a otros sistemas.

Existe una contaminación por metales de origen natural y otra de origen antrópico o inducido.

3.4.1 Contaminación de origen natural

La primera causa de contaminación natural, por plomo, es la propia alteración mineral que da origen al suelo. Existen algunas rocas cuyo contenido en determinados elementos es especialmente alto y los suelos que sobre ellas se desarrollan heredan esa elevada concentración.

Otro factor importante es el lavado, así en climas ecuatoriales o tropicales donde la alteración mineral es muy intensa, pueden ocurrir acumulaciones residuales de elementos poco móviles aun cuando el contenido inicial no fuese excesivamente elevado.

La actividad volcánica cubre las áreas vecinas con sus emanaciones ya sean sólidas en forma de cenizas o gaseosas con aportes de diversos compuestos oxidados de azufre que generan una fuerte acidez en el suelo.

La atmósfera puede servir de vehículo para la introducción de los elementos extraños en el suelo bajo diferentes estados físicos. En forma sólida, el polvo proveniente de lejanas zonas puede provocar una sobre concentración de algún elemento, o la dilución de los nutrientes presentes como es el caso de las nubes de polvo ricas en cuarzo y cuyo origen son las conocidas calimas.

En zonas costeras, los fuertes vientos generan aerosoles con diminutas gotas de agua que pueden alcanzar a extensas franjas costeras en las que elevan la salinidad.

Por último, tenemos la contaminación gaseosa que si bien puede considerarse inducida porque el desprendimiento de gases suele ser de origen antrópico, su distribución es natural pues no siempre se produce en el lugar en que se origina sino que puede alcanzar zonas lejanas debidas al régimen de vientos dominantes.

3.4.2 Contaminación antrópica

Uno de los principales agentes contaminantes del suelo es la industria, que genera residuos sólidos que se depositan sobre los suelos vecinos y cuyo efecto suele ser reducido en el espacio pero persistente en el tiempo. Los residuos líquidos tienen un efecto más extendido en el espacio y de más difícil control, pues además de los suelos afectados directamente por ellos, al incorporarse a las aguas superficiales pueden extenderse a zonas relativamente lejanas y que utilicen esas aguas para riego.

La agricultura es la actividad más contaminante para el suelo ya que afecta a grandes superficies del mismo y es la actividad principal que se desarrolla sobre él. La contaminación del suelo se efectúa tanto en el manejo como en los aditivos utilizados, fertilizantes y pesticidas.

3.4.3 Contaminación por influencia vehicular

Es la contaminación debida al exceso de circulación vehicular y provocado sobre todo por la quema de combustibles obtenidos del petróleo, en especial la gasolina.

Los contaminantes más usuales que emite el tráfico son el monóxido de carbono (CO), los óxidos de nitrógeno (NO_x), los compuestos orgánicos volátiles y las macropartículas. Por lo que se refiere a estas emisiones, los transportes en los países desarrollados representan entre el 30 el 90 % del total. También hay compuestos de plomo y una cantidad menor de dióxido de

azufre (SO₂) y sulfuro de hidrógeno (H₂S). El amianto se libera a la atmósfera al frenar. El tráfico es también una fuente importante de dióxido de carbono (CO₂).

La mayor preocupación por la contaminación que produce el tráfico vehicular se refiere a las zonas urbanas, en donde un gran volumen de vehículos y elevadas cifras de peatones comparten las mismas calles. Los catalizadores limpian parte de las emisiones, pero no así el plomo, el CO₂ ni las macropartículas. Hay plomo porque se añade a la gasolina para mejorar el rendimiento del motor (Yaron *et al.*, 1996.)

3.5 Comportamiento con el medio ambiente

3.5.1 Agua

Los cuerpos de agua superficiales constituyen trampas de acumulación para los compuestos del plomo. Los compuestos insolubles se precipitan y se adsorben en los sedimentos o se adhieren a partículas en suspensión (especialmente a partículas de arcilla). La oxidación bioquímica de las sustancias orgánicas se ve inhibida por concentraciones de plomo superiores a 0.1 mg/l; a partir de los 0.2 mg/l, asimismo, se reduce la fauna. El umbral de toxicidad para los peces es 0.3 mg/l de plomo (truchas y peces blancos) (DVGW, 1985).

El plomo no es químicamente afectado por agua con bajo contenido de oxígeno. En las cañerías de plomo el agua rica en carbonatos forma depósitos de carbonato de plomo en las paredes interiores de los conductos.

3.5.2 Aire

Grandes cantidades de plomo se liberan a la atmósfera a través de procesos de combustión, distinguiéndose claramente la diferencia entre áreas urbanas y rurales. Los compuestos del plomo pueden ser transportados a grandes distancias según la velocidad del viento, su dirección, las precipitaciones y la humedad aunque la mayor parte del plomo de la atmósfera se deposita directamente o es arrastrada por las precipitaciones.

3.5.3 Suelo

La tasa de absorción de plomo depende de las propiedades de los suelos. Existe una gran afinidad con las sustancias húmicas. El valor del pH juega un papel importante para la disponibilidad del plomo contenido en sus compuestos, cuanto más bajo es el pH, tanto más alta es su desorción a la solución del suelo. Pero puesto que el plomo es muy poco móvil permanece en los horizontes superiores y no es asimilado en la misma medida que el cadmio por las plantas, por lo que los suelos resultan ser una importante trampa para los compuestos del plomo. Una contaminación adicional se produce cuando se distribuyen lodos de clarificación con contenido de plomo sobre las tierras de cultivo.

3.5.4 Tiempo medio de persistencia

El plomo permanece en la atmósfera aproximadamente entre 7 y 30 días (FATHI LORENTZ, 1980). El tiempo de vida media biológica varía considerablemente: en sangre oscila entre 20 a 40 días; en huesos puede permanecer hasta varios años (OMS, 1987).

3.6 Cadena alimenticia

Debido a la distribución generalizada, se encuentran compuestos del plomo en todos los alimentos y forrajes. Los alimentos de origen vegetal contienen en general más plomo que los de origen animal. Esto ocurre porque las plantas están especialmente expuestas a las inmisiones de polvo con contenido de plomo, el cual se adhiere a sus superficies y se consume junto con ellas. En los organismos superiores, las mayores concentraciones de plomo se hallan en los órganos internos (hígado y riñones).

3.7 La especiación

Las cantidades totales de plomo presentes en un suelo constituyen una medida poco representativa de la posible toxicidad por este metal pesado. Resulta fundamental conocer la forma química bajo la que se presenta, es decir la especiación, pues la toxicidad de este

elemento es muy distinta dependiendo de su presentación, que va a regular no sólo su disponibilidad (según se encuentre disuelto, adsorbido, ligado o precipitado) sino que también el grado de toxicidad que presente va a depender de la forma química en sí misma.

No obstante, por su facilidad de medida y reproducibilidad, en los estudios de contaminación se utilizan, muy frecuentemente, los valores totales para definir los umbrales de contaminación, es decir, los límites permisibles.

El tipo de sustancia contaminante y la forma bajo la que se presente (soluble, cambiante, ligada, absorbida, ocluida) va a influir decisivamente en el efecto contaminante producido.

3.8 El ciclo del plomo en la naturaleza

El plomo ocurre de forma natural en el ambiente, pero las mayores concentraciones que son encontradas en el ambiente son el resultado de las actividades humanas. Debido a la aplicación del plomo en gasolinas un ciclo no natural del plomo tiene lugar. En los motores de gasolina de los vehículos, el plomo es quemado (cloruros, bromuros, óxidos, se originarán).

Estas sales de plomo entran en el ambiente a través de los tubos de escape de los vehículos. Las partículas grandes precipitarán en el suelo o la superficie de aguas, las pequeñas partículas viajarán largas distancias a través del aire y permanecerán en la atmósfera. Parte de este plomo caerá de nuevo sobre la tierra cuando llueva. Este ciclo del plomo causado por la actividad humana está mucho más extendido que el ciclo natural del plomo. Este ha causado contaminación por plomo haciéndolo un tema mundial. No sólo la gasolina con plomo causa concentración de plomo en el ambiente. Otras actividades humanas, como la combustión del petróleo, procesos industriales, combustión de residuos sólidos, también contribuyen.

El plomo puede terminar en el agua y suelos a través de la corrosión de las tuberías de plomo en los sistemas de transporte y a través de la corrosión de pinturas que contienen plomo.

El plomo se acumula en los cuerpos de los organismos acuáticos y organismos del suelo. Estos experimentarán efectos en su salud por envenenamiento por plomo. Los efectos sobre la salud

de los crustáceos pueden tener lugar incluso cuando sólo hay pequeñas concentraciones de plomo presente. Las funciones en el fitoplacton pueden ser perturbados cuando interfiere con el plomo. El fitoplacton es una fuente importante de producción de oxígeno en mares y muchos grandes animales marinos lo comen. Este es el porqué si la contaminación por plomo puede influir en los balances globales. Las funciones del suelo son perturbadas por la intervención del plomo, especialmente cerca de las autopistas y tierras de cultivos, donde concentraciones extremas pueden estar presentes. Los organismos del suelo también mueren envenenados por plomo.

El plomo es un elemento químico particularmente peligroso, y se puede acumular en organismos individuales, pero también puede entrar en las cadenas alimenticias (Lenntech.)

3.9 Efectos del plomo sobre la salud humana (Lenntech.)

. El plomo es uno de los metales que tiene un mayor efecto dañino sobre la salud humana. Este entra en el cuerpo humano a través de la comida (65%), agua (20%) y aire (15%).

Las comidas como frutas, vegetales, carnes, granos, mariscos, refrescos y vino pueden contener significantes niveles de plomo. El humo de los cigarrillos también contiene pequeñas cantidades de plomo.

El plomo puede entrar en el agua potable a través de la corrosión de las tuberías. Esto es más común que ocurra cuando el agua es ligeramente ácida. Esto es el porqué de los sistemas de tratamiento de aguas públicas son ahora requeridos llevar a cabo un ajuste del pH del agua para consumo humano. Que se sepa, el plomo no cumple ninguna función vital en el organismo y resulta tóxico incluso en dosis bajas dando lugar a efectos agudos y crónicos.

El plomo puede causar varios efectos no deseados, como son:

- Perturbación de la biosíntesis de hemoglobina y anemia
- Incremento de la presión sanguínea
- Daño a los riñones
- Abortos y abortos sutiles
- Perturbación del sistema nervioso
- Daño al cerebro

- Disminución de la fertilidad del hombre a través del daño en el esperma
- Disminución de las habilidades de aprendizaje de los niños, como es agresión, comportamiento impulsivo e hipersensibilidad

El plomo puede entrar en el feto a través de la placenta de la madre. Debido a esto puede causar serios daños al sistema nervioso y al cerebro de los niños por nacer (Lenntech.)

3.10 Efecto del plomo por inhalación

Para ser inhalado es necesario que el plomo se encuentre como material particulado o vapores (PM2.5 y PM10). Este material particulado una vez que es inhalado por las personas pasa a los pulmones donde se inicia el proceso de deterioro de los mismos y de intoxicación general que ataca el sistema nervioso y el cerebro en sus diferentes aspectos. Pero no solamente se puede inhalar el plomo por estas condiciones del polvo como material particulado. La construcción y/o limpieza de estructuras (perlines) que soportan los revestimientos de los techos de las áreas industriales, es así mismo posible generadora de partículas de polvo en contenido de plomo, y por lo tanto un elemento que puede dañar a la salud humana por intoxicación. Los trabajos en las fábricas de metal mecánica que tienen como elemento principal el pulido, perforación, abrasión o soldadura de piezas metálicas con contenido de plomo, son así mismo peligrosos y los trabajadores deben usar máscaras con filtros adecuados para permitir la respiración filtrando las partículas de plomo, pero además, la ropa de trabajo deberá ser lavada separadamente para evitar la propagación de la contaminación por su contenido de plomo y por lo tanto posible generadora de intoxicación lenta y progresiva.

También se tendrá riesgo de pintado de superficies con pinturas que tengan en su composición compuestos de plomo y por lo tanto se hace necesario que se verifique la composición química de las pinturas a ser usadas para disminuir o eliminar el riesgo que pueda ocasionar el uso de pinturas con estas condiciones. Ciertamente las viviendas que están siendo pintadas, o que han sido pintadas con este tipo de pintura, tienen el riesgo adicional porque los infantes pueden respirar los vapores de plomo, o jugar con las paredes y luego meterse los dedos en la boca e iniciar un proceso de intoxicación por ingesta.

Durante muchos años el mayor contaminante del aire ha sido la combustión de la gasolina con plomo, lo que ha declinado por una mejor calidad de la gasolina con un menor contenido de plomo, o su práctica ausencia. Sin embargo, es necesario que las autoridades correspondientes, en el marco de la leyes para este efecto, realicen pruebas aleatorias sobre la calidad de la gasolina expendida por las estaciones de venta de gasolina en los diferentes puntos y comparar el resultado de los análisis con los parámetros oficiales dictados por MARENA sobre la calidad del combustible que se vende para diferentes octanajes, inspección que deberá incluir análisis de sangre a los servidores que despachan gasolina a los vehículos clientes, con obligación de que se despache el combustible con guantes protectores. Usualmente, aparte de los depósitos de plomo como mineral, las mayores fuentes de emisión de plomo a la atmósfera son las plantas procesadoras de metales.

Los talleres de reparación de baterías de vehículos son generadores de vapores, y proporcionan la información de las arriba citadas (PM2.5 y PM10) las que tendrán una película de plomo como envoltura con lo que se convierten en elemento contaminante y de envenenamiento de la persona humana con énfasis en los niños, las mujeres embarazadas y en las personas que se ubican en el estrato generacional de la Tercera Edad. Estos PM no solamente son inhaladas por los trabajadores de esos talleres, sino por las personas que viven en las proximidades, dependiendo de su radio de acción, del contenido de plomo, de la intensidad de los vientos y de la presencia de los PM. La presencia del plomo en el aire atmosférico deteriorando su calidad origina complementariamente la formación de la lluvia ácida la misma que puede decantar el plomo en suelos aún en pequeñas concentraciones (2-10 mg/m³) y ese plomo puede, con estos parámetros, inhibir el crecimiento de las plantas. Las partículas así decantadas llegan al suelo y pueden producir adicionalmente los siguientes efectos (Morante, 2001.)

3.10.1 Por decantación en suelos urbanos

Las decantaciones de plomo contaminan el suelo y este es transportado por la suela de los zapatos al interior de las casas donde puede iniciar el proceso de intoxicación especialmente en niños de pequeña edad cuando los mismos gatean en el suelo o cuando cogen sus juguetes

que descansan sobre el suelo ya contaminado y los mismos son introducidos a la boca y ser chupado inocentemente por los niños.

3.10.2 Por decantación en suelos agrícolas

Las decantaciones de plomo contaminan el suelo y luego las raíces lo absorben y pasa a las hojas de las plantas, que podrán ser hortalizas, que dentro del proceso de la vida, incorporan al plomo en su estructura celular con el siguiente peligro para las personas que las consuman e inclusive envenenan a las aves que toman su alimento de las hojas de las plantas y del suelo agrícola del entorno.

Alto contenido de plomo en el suelo pueden promover el desarrollo de comunidad microbiológica como hongos y bacterias, alterándose los parámetros del suelo para su adecuado y sano uso para uso de las especies vegetales (Morante, 2001).

3.11 ¿Qué es una batería de vehículos?

Una batería es un dispositivo electroquímico, el cual almacena energía en forma química. Cuando se conecta a un circuito eléctrico, la energía química se transforma en energía eléctrica. Todas las baterías son similares en su construcción y están compuestas por un número de celdas electroquímicas. Cada una de estas celdas está compuesta de un electrodo positivo y otro negativo, además de un separador. Cuando la batería se está cargando, un cambio electroquímico se produce entre los diferentes materiales en los electrodos. Los electrones son transportados entre los electrodos positivo y negativo mediante un circuito externo (bombillas, motores de arranque, etc.) (Chávez).

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se llevó a cabo en el Departamento de Gestión Ambiental en la Facultad de Recursos Naturales y del Ambiente, de la Universidad Nacional Agraria. El presente estudio se circunscribe a la ciudad de Managua en la que se realizó un estudio de los niveles de plomo en el suelo y aguas servidas de talleres de reparación de baterías para vehículos en el que se comparó los niveles de plomo en los sitios seleccionados.

4.1 Sitios de muestreo

4.1.1 Talleres de baterías

Para la realización del presente estudio, se seleccionaron 10 talleres de reparación y carga de baterías ubicados en los Distritos II, V y VI de la ciudad de Managua (Tabla 2). Se obtuvo el consentimiento de los propietarios de los mismos para recolección de las muestras de suelo y de agua servida para realizar el análisis del contenido de Pb en estas muestras. Las muestras de suelo fueron tomadas en cada taller a una profundidad de 5 cm teniendo como punto de muestreo el centro y aproximadamente a 10 m de éste hacia los cuatro puntos cardinales. De cada taller se tomaron cinco muestras representativas de suelo (cada una de tres submuestras) lo que hace un subtotal de 49 muestras. DE un taller solo se tomaron 4 muestras de suelo. Para el muestreo se utilizó un palín de acero inoxidable, el cual se lavó con solución de HCl 1 N y después con agua destilada y seguidamente se secó con papel toalla. Cada muestra de suelo se colocó por medio de una cuchara desechable en una bolsa de plástico previamente etiquetada. Para la manipulación de las muestras se utilizó guantes látex, también desechables.

Los talleres seleccionados para este estudio son los siguientes (Tabla 2): En el distrito II los talleres muestreados fueron: San Cristóbal, Xolotlán y J. R. En el distrito V los talleres muestreados fueron: William, Rubenia, FANABASA, Frank (Tabla 2). En el distrito VI los talleres muestreados fueron: El Negro, Capulín y San Jerónimo (Tabla 2). En el Figura 1 se presenta el mapa donde aparece la ubicación de los talleres de batería por distrito.

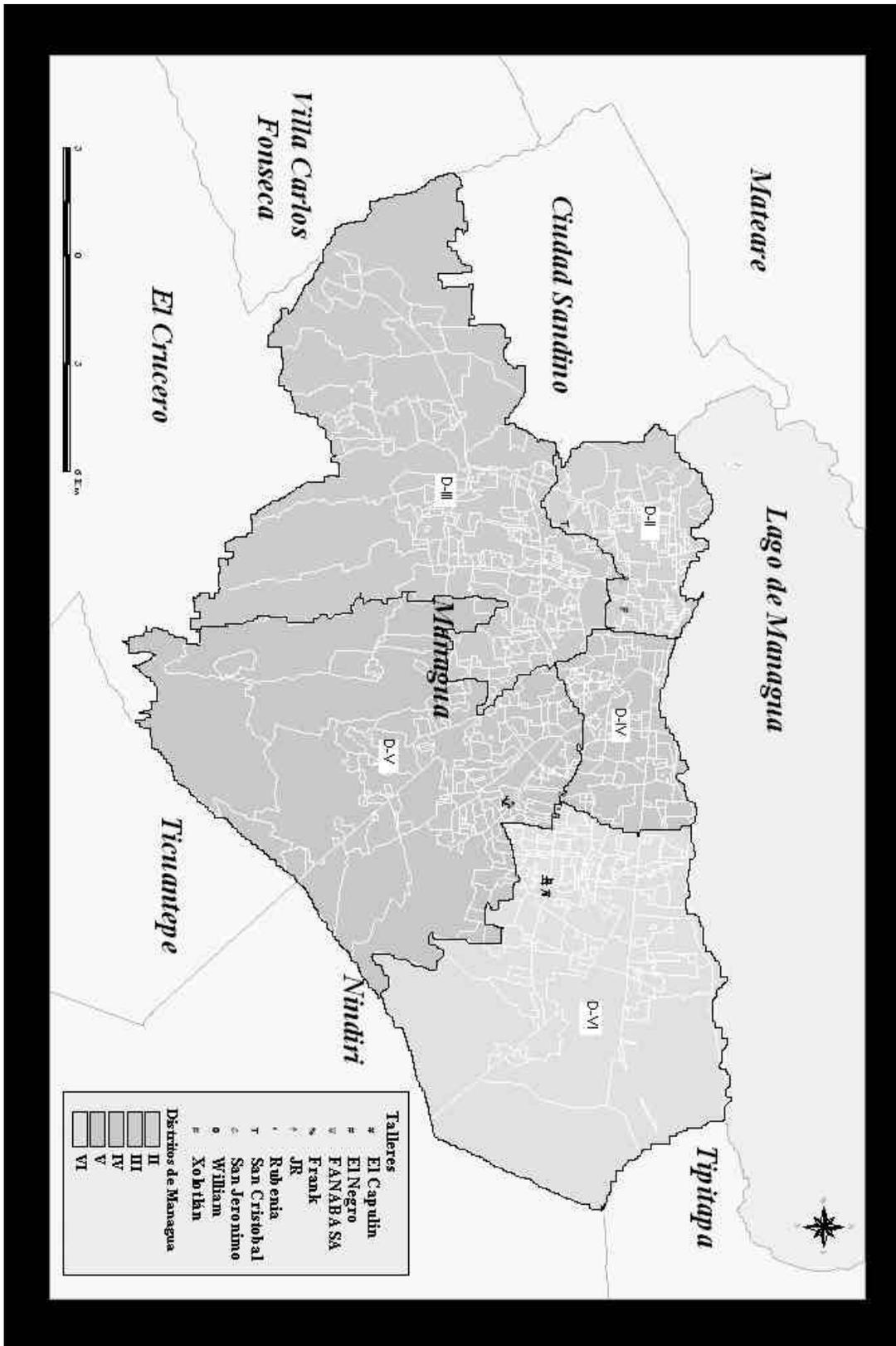


Figura 1. Mapa que representa la ubicación de los talleres muestreados.

Para el caso de las muestras de agua, estas se tomaron de los lavaderos utilizados en los talleres (una muestra de agua por cada taller, con la excepción de los talleres Xolotlán y FANABASA que no se tomó muestra de agua debido a que la desechan directamente a la tubería de aguas negras). El total de muestras de agua fue de 8, estas se colocaron en un recipiente de plástico de 1 L, el cual se enjuagó cuatro veces con la misma agua de donde se tomó la muestra. Las muestras de suelo y agua se trasladaron al Laboratorio de Suelos y Agua (LABSA) de la Universidad Nacional Agraria para sus respectivos análisis químicos.

Tabla 2. Ubicación de los talleres de baterías de vehículos donde se realizó el muestreo de suelo

Nombre del taller	Dirección	Distrito
San Cristóbal	NICALIT, 3 c al sur	Distrito II
Xolotlán	CST, 3 c arriba	Distrito II
J. R	Montoya, ½ c arriba	Distrito II
William	Frente a Farmacia Rubenia	Distrito V
Rubenia	Entrada a Jardines de Veracruz, ½ c abajo	Distrito V
FANABASA		Distrito V
Frank	De FANABASA 2 c al norte	Distrito V
El Negro	M. Iván Montenegro 4 c arriba	Distrito VI
Capulín	Frente a Hotel Las Arcadas	Distrito VI
San Jerónimo	Frente a ESSO Rubenia Norte	Distrito VI

4.1.2 Muestreo en los sitios de influencia vehicular

Para evaluar el efecto de las emanaciones vehiculares se tomaron muestras de suelo (a 5 cm de profundidad) de una de las vías de mayor circulación de Managua, como es la carretera a Masaya en el tramo comprendido de la rotonda Rubén Darío hasta la rotonda Jean Paul Gene. Los puntos muestreados fueron: 1) Frente a Metrocentro, 2) Frente a Casa Pellas, 3) Colegio Teresiano, 4) Centro LAFISE, 5) Casino Aladdin, 6). También se tomarán dos muestras de suelo sobre el By Pass: Puente Larreynaga y Puente el Paraisito. El procedimiento de muestreo fue el mismo realizado con las muestras tomadas en los talleres.

4.1.3 Muestras control

De acuerdo a la literatura, la única forma de evaluar el efecto de contaminación por plomo en muestras de suelo, es comparando los resultados de muestras de suelo supuestamente contaminadas con muestras de suelo no contaminadas. En este sentido, se tomó una muestra de suelo en el costado sur de la Piscícula de la UNA y otra muestra de suelo tomada en la comunidad Cruz de Mayo ubicada a 3 km al este del municipio de La Concepción, departamento de Masaya, las cuales se usaron como muestras de referencia de suelo no contaminado. El total de muestras de suelo tomadas fue de 59.

4.2 Procedimiento analítico

A todas las muestras de suelo se les realizó análisis de pH en agua (potenciométrico, relación 1:2.5), Materia Orgánica (por el método de Walkey-Black), Capacidad de Intercambio Catiónico (método del acetato de amonio 1 N, pH 7.0) y textura (por Bouyoucus). Para las muestras de agua se les realizó el análisis de pH y conductividad eléctrica (CE) y contenido de Pb total. Esto es con el fin de determinar algunas propiedades de los dos tipos de muestras.

El análisis del contenido de Pb total se realizó por Espectrofotometría de Absorción Atómica (Modelo 3100, Perkin.Elmer) por el método de extracción con ácido nítrico, HNO₃, 0.43 M, de acuerdo al procedimiento analítico para este caso. Todas las determinaciones analíticas se realizaron por triplicado. Además, se determino el límite de detección del método a utilizar en el análisis de plomo para tener calidad en los resultados analíticos.

4.3 Evaluación estadística

Los resultados fueron evaluados por un análisis de varianza (ANDEVA), estableciéndose el valor de $P < 0.05$ como nivel de significancia estadística.

4.4 Referencias utilizadas para la evaluación del plomo en el suelo

Las referencias utilizadas como guía para la evaluación del plomo en el suelo son las siguientes (sugeología.org):

- a. Canadian Councils of Minister of the Environment (CCME), Canadá: 140 mg/kg

- b. Environmental Protección Agency: 400 mg/kg

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se ha realizado una evaluación de los niveles de plomo total en suelos y aguas servidas en diez talleres de baterías de vehículos, así como también en suelos afectados por la influencia vehicular. Es considerado que en la mayoría de los talleres de esta naturaleza, las condiciones de trabajo son inadecuadas y por lo tanto son fuentes activas tanto de contaminación ocupacional como ambiental, las cuales son sumativas. A continuación se procede a la presentación de los resultados obtenidos en el presente trabajo.

5.1 Resultados de los parámetros medidos

5.1.1 Distrito II

Los resultados de los análisis de las muestras de suelos de algunos talleres de baterías para vehículos del Distrito II se encuentran en la Tabla 3.

5.1.1.1 pH

El pH medido en particular en un suelo es producido por un grupo de condiciones químicas específicas (Foth, 1986).

El taller Xolotlán obtuvo el valor más alto (7.68) en la muestra tomada al sur del mismo, en este mismo taller se obtuvo el valor más bajo (3.64) que corresponde a la muestra tomada en el centro del taller, seguido del taller J. R. con un pH de 3.8 correspondiente a la muestra tomada del centro del taller. Estos valores bajos de pH en muestras tomadas del centro son los esperados, pues es donde se realiza el mayor trabajo con las baterías. La media general del pH resultó con un valor de 6.31, lo que significa que los suelos analizados en estos talleres de este distrito presentaron el pH más bajo.

5.1.1.2 Materia orgánica

Los contenidos de materia orgánica en los suelos de estos talleres del Distrito II (Tabla 3) oscilan entre valores de 0.65 a 5.58 %, resultando el taller Xolotlán con el promedio más bajo (1.86 %) y el taller J. R. con el promedio más alto (4.12 %). Teniendo en cuenta el papel que desempeña la materia orgánica del suelo con respecto a la amortiguación de contaminantes, el taller Xolotlán se encuentra en desventaja en este distrito comparado con el taller J.R.

5.1.1.3 Capacidad de intercambio catiónico (CIC)

El taller San Cristóbal en el Distrito II, resultó tener el promedio clasificado como muy alto (41.56 meq/100 g de suelo) y el taller J. R. con el valor clasificado como bajo (1.51 meq/100 g de suelo). La clasificación de la CIC del suelo está basada de acuerdo a Landon (1984). La CIC depende principalmente de la clase textural del suelo junto con el contenido de materia orgánica, y juega un importante papel en la dinámica, no solo de los nutrientes de las plantas, sino que en la dinámica de los metales contaminantes del suelo.

5.1.1.4 Textura

En cuanto a la clase textural de estas muestras de suelo tomadas en estos talleres, la gran mayoría de las muestras resultaron con una textura del suelo clasificada como franco arcillosa. La textura del suelo, desde el punto de vista de contaminación de los suelos, juega un papel muy importante en cuanto a la fijación de algunos metales pesados.

5.1.1.5 Nivel de plomo

Todas las muestras de suelo tomadas en tres talleres de batería de vehículos del Distrito II, resultaron con valores muy por encima del límite permisible según la EPA (400 mg/kg). El valor más bajo fue encontrado en el Taller San Cristóbal (403.8 mg/kg) en la muestra tomada en la parte norte del mismo y el valor más alto se obtuvo en el Taller Xolotlán (20970 mg/kg) en la muestra de suelo tomada al este del mismo. Sin embargo, el Taller San Cristóbal obtuvo

el promedio más bajo (1549 mg/kg) y el promedio más alto en el taller J. R (10155 mg/kg)). Pero al realizar el ANDEVA, los resultados entre talleres no presentan diferencias significativas. De acuerdo a estos resultados, se hace indicar que estos suelos se encuentran muy contaminados por este metal.

Tabla 3. Algunas propiedades y niveles de plomo encontrados en las muestras de suelo tomadas en tres talleres de baterías para vehículos en el Distrito II de Managua

Taller	Ubicación muestra	pH	CE (mS/cm)	MO (%)	CIC (meq/100)	Textura	Pb (mg/kg)
San Cristóbal	Norte	6.81	529.5	5.58	34.45	Fr-Ar	403.8
	Sur	7.07	259.5	1.96	39.16	Fr-Arc	1192.3
	Este	7.28	2.16	3.62	41.56	Fr-Li	1211.4
	Oeste	5.06		3.75	24.67	Fr-Ar	2364.9
	Centro	5.59		5.06	31.41	Ar	2573
	Media	6.36		3.99	34.25		1549
	ANDEVA						
Xolotlán	Norte	3.65		2.61	10.15	Fr-Ar	1711.5
	Sur	7.68	272.8	0.65	26.28	Fr-Ar	12559
	Este	7.01	407.5	3.17	14.23	Fr-Ar	20970
	Oeste	7.94	582.5	1.4	37.01	Fr-Arc-Ar	865.4
	Centro	3.64		1.47	13.85	Fr-Ar	2310.2
	Media	5.98		1.86	20.3		7863
	ANDEVA						
J. R	Norte	7.65	290	3.95	18.03	Fr-Ar	15553
	Sur	7.66	107	3.98	21.82	Fr-Ar	1238
	Este	7.01	273	5.22	8.06	Fr-Ar	17535
	Oeste	6.94		1.96	10.91	Fr-Ar	13776
	Centro	3.8		5.49	1.51	Fr-Ar	2675
	Media	6.61		4.12	12.06		10155
	Media general	6.31		3.32	22.20		6529
	ANDEVA						

5.1.2 Distrito V

Los resultados de los análisis de las muestras de suelos de algunos talleres de baterías para vehículos en el Distrito V se encuentran en la Tabla 4.

5.1.2.1 pH

El valor de pH más alto (8.16) resultó con la muestra tomada al sur del taller Frank lo que corresponde a una reacción básica. En este mismo taller se obtuvo el valor de pH más bajo (2.74) en la muestra tomada en el centro del mismo, representando una reacción ácida. La media general para este distrito es de 681 (Tabla 4). En cada taller muestreado, se encuentra siempre un valor más bajo, lo que podría suponer que es el sitio donde más se trabaja con las baterías, ocasionado posiblemente por derrames de ácidos de baterías. Esto coincide con los cuatro talleres de este distrito (excepto el taller Rubenia) en donde los menores valores de pH se obtuvieron con las muestras tomadas en el centro.

5.1.2.2 Materia orgánica

En el taller FANABASA se encontró en términos generales con el mayor contenido de materia orgánica con la muestra ubicada en el centro del taller (9.02 %). Por el contrario el taller que resultó con el menor contenido de materia orgánica fue el taller Rubenia con 1.37 % correspondiente a la muestra tomada al este del taller. La media general para este distrito fue de 4.42 %. El taller Rubenia se encuentra en desventaja en este parámetro ya que es donde se obtuvo el menor contenido promedio de materia orgánica.

5.1.2.3 Capacidad de intercambio catiónico (CIC)

En el taller Rubenia se obtuvo el resultado más alto de capacidad de intercambio catiónico el cual fue de 55.52 meq/100 g. Este dato se origina con la muestra ubicada al este del taller. En cambio, en el taller Frank se obtuvo el resultado más bajo, 2.46 meq/100 g, favoreciendo de esta manera la baja retención de Pb, dicha muestra está ubicada en el centro del taller. En este distrito la media general para los tres talleres es de 32.4 meq/100 g de suelo. El taller William

resultó con el promedio más bajo de CIC (27.61 meq/100 g) al ser comparado con los demás talleres.

Tabla 4 Algunas propiedades y niveles de plomo encontrados en las muestras de suelo tomadas en tres talleres de baterías para vehículos en el Distrito V de Managua

Taller	Ubicación muestra	pH	CE (mS/cm)	MO (%)	CIC (meq/100)	Textura	Pb (mg/kg)
William	Norte	7.03	953	2.94	26.95	Fr-Arc-Ar	6303
	Este	7.28	380	6.56	21.35	Fr-Ar	6437
	Oeste	7.72	158.5	3.46	40.33	Fr	808.7
	Centro	3.29		5.22	21.82	Fr-Ar	219
	Media	6.33		4.54	27.61		3442
	ANDEVA						
Rubenia	Norte	7.65	107	2.35	38.15	Fr	213.6
	Sur	7.91	133	4.24	43.84	Fr-Ar	288.5
	Este	7.17	458	1.37	55.52	Arc	2579
	Oeste	7.86	195	4.38	43.46	Fr-Ar	125.78
	Centro	7.37	11.7	4.05	6.73	Fr-Ar	218.91
	Media	7.59		3.28	37.54		689
ANDEVA							N.S.
FANABASA	Norte	8.08		4.73	41.28	Fr	137.95
	Sur	7.04	180	6.43	48.11	Arc-Lim	1498.6
	Este	7.72	141	3.17	39.1	Fr-Arc	1371.1
	Oeste	7.32	158	8.75	8.06	Fr-Ar	269.3
	Centro	4.34		9.02	35.68	Fr	8611
	Media	6.9		6.42	34.45		2378
ANDEVA							N.S.
Frank	Norte	7.79	214.5	4.6	41.28	Fr-Arc	1963.1
	Sur	8.16	163	3.07	34.92	Fr-Arc-Ar	1350.6
	Este	6.94	162	2.94	30.94	Fr-Arc-Ar	5785
	Oeste	6.49		3.75	40.33	Fr-Ar	1573.4
	Centro	2.74		2.81	2.46	Fr-Arc-Ar	377.5
	Media	6.42		3.43	29.99		2210
	Media general	6.81		4.42	32.4		2179.8
ANDEVA							N.S.

5.1.2.4 Textura

De acuerdo al análisis textural realizadas a las muestras de suelo en los talleres seleccionados en este distrito, se tiene que los talleres Rubenia y William presentan una textura de franco arenoso en la mayoría de los puntos muestreados, mientras que el taller FANABASA y Frank demuestran una textura variada, es decir, de suelo franco a franco arcillo arenoso.

5.1.2.5 Nivel de plomo

Los contenidos de plomo en las muestras de suelo de estos cuatro talleres ubicados en el Distrito V son variados. En el taller Rubenia se obtuvieron a nivel general los resultados más bajos. Cuatro muestras resultaron con valores que están por debajo del límite permisible, según la EPA, mientras que una está por encima de esta norma (2579 mg/kg) correspondiente a una muestra de textura arcillosa.

Los talleres William, FANABASA y Frank, en términos generales, presentan valores mayores de plomo en el suelo. Se esperaba que las muestras tomadas en el centro de estos talleres tuvieran mayores concentraciones de plomo que las demás muestras. En el caso del taller FANABASA, la muestra de suelo tomada en el sur del mismo, dio una concentración de 1498.6 mg/kg mientras que en la muestra tomada al este del taller Frank dio una concentración de 5785 mg/kg,. El taller William, en términos generales resultó con el promedio más alto de plomo en el suelo (3442 mg/kg). Si los resultados de plomo no son altos en las muestras del centro, probablemente se deba a que es en otro sitio donde colocan más los residuos de las baterías.

5.1.3 Distrito VI

Los resultados de los análisis de las muestras de suelo de algunos talleres de baterías para vehículos del Distrito VI se encuentran en la Tabla 5.

5.1.3.1 pH

El valor de pH más alto, resultó con la muestra del punto sur del taller San Jerónimo (8.43). En este mismo taller se obtuvo el valor de pH más bajo (4.75) con la muestra correspondiente al centro. En términos generales, los suelos de tres talleres de baterías obtuvieron una media de pH por encima de 7.00.

5.1.3.2 Materia orgánica

Los resultados de materia orgánica en las muestras de suelos recolectadas en estos talleres de baterías de vehículo de este distrito son de nivel medio (el nivel medio es considerado de 2 a 4 %) según Landon (1984). El taller El Negro, presenta los resultados más altos (3.92%), mientras que el taller San Jerónimo obtuvo el contenido más bajo (1.34 %) con la muestra de suelo tomada al sur del taller.

El contenido de materia orgánica en el suelo puede facilitar la retención hídrica que ayuda a prevenir cambios bruscos de humedad. Su interacción con la arcilla permite unir las partículas del suelo formando agregados estables. En cambio, a un menor contenido de materia orgánica se favorece los procesos de degradación del suelo lo que provoca una disminución de la cubierta vegetal, quedando el suelo sin capacidad para recuperar su contenido de materia orgánica lo que afecta negativamente las propiedades del suelo.

5.1.3.3 Capacidad de intercambio catiónico (CIC)

Todas las muestras tomadas en los diferentes talleres dieron resultados de CIC que van desde 22.3 meq/100 g (muestra norte del taller El Negro) hasta un valor de 50.58 meq/100 g de suelo (muestra norte del taller El Capulín). De acuerdo a Landon (1984), los valores de CIC se clasifican desde medio (de 15 a 25 meq/100 g) hasta muy alto (>40 meq/100 g).

5.1.3.4 Textura

Al igual que los resultados de textura presentados anteriormente, en estas muestras de suelo recolectadas en estos talleres, se obtuvieron resultados de textura diversos en las muestras de suelo analizadas, con excepción del taller San Jerónimo que presenta una textura franco arenosa lo que trae como consecuencia una baja capacidad de retención del plomo.

Tabla 5. Algunas propiedades y niveles de plomo encontrados en las muestras de suelo tomadas en cuatro talleres de baterías para vehículos en el Distrito VI de Managua

Taller	Ubicación muestra	pH	CE (mS/cm)	MO (%)	CIC (meq/100)	Textura	Pb (mg/kg)	
El Negro	Norte	7.65	142	1.96	22.3	Fr-Ar	903.9	
	Sur	7.97	74	2.68	31.88	Fr-Arc-Ar	101.9	
	Este	7.01	261	3.3	32.74	Fr-Arc-Ar	1499.6	
	Oeste	7.81	180	3.92	32.64	Fr-Arc-Ar	134.6	
	Centro	6.22		3.2	33.4	Fr-Arc-Ar	1269.2	
	Media	7.33		3.01	38.24		782	
	ANDEVA							N.S.
Capulín	Norte	7.8	128.5	2.61	50.58	Fr	903.9	
	Sur	6.71		3.59	40.52	Fr-Arc	4378	
	Este	6.43		3.75	42.51	Ar	1365.5	
	Oeste	7.39	287.5	3.36	43.37	Ar	365.4	
	Centro	7.5	7.6	3.13	25.05	Fr-Arc-Ar	9480	
	Media	7.17		3.28	40.41		3299	
	ANDEVA							N.S.
San Jerónimo	Norte	8.32	174	2.09	34.92	Fr-Ar	1538.3	
	Sur	8.43	98.1	1.34	24.67	Fr-Ar	115.4	
	Este	7.55	969	1.99	33.59	Fr-Ar	155.7	
	Oeste	8.15	204	2.77	28.28	Fr-Ar	178.1	
	Centro	4.75		1.66	24.2	Fr-Ar	1384.9	
	Media	7.44		1.97	29.13		674	
	ANDEVA							N.S.
	Media general	7.31		2.75	35.93		1618.3	
	ANDEVA							N.S.

5.1.3.5 Nivel de plomo

De acuerdo al ANDEVA ($P < 0.05$) realizado a los resultados obtenidos de plomo en las muestras de suelo, no presentan diferencia significativa, aunque sí se encontraron resultados altos en la mayoría de los casos. En la muestra sur del taller El Negro se encuentra el menor valor de plomo (101.9 mg/kg). Por otro lado, con la muestra del centro del taller El Capulín, se obtuvo el valor más alto con 9480 mg/kg. Es de señalar que este fue el único taller que dio el mayor resultado con la muestra tomada en el centro del mismo, lo cual coincide con lo esperado, ya que se supone que es donde se realiza el mayor trabajo con las baterías. El taller Capulín tiene el mayor promedio de plomo en el suelo (3299 mg/kg). Por el contrario, el taller que presenta el menor valor medio fue el taller San Jerónimo con 674 mg/kg. Esto puede ser debido a la textura encontrada en este taller (franco arenoso) y, además, presenta el menor promedio de materia orgánica (1.97 %).

5.2 Influencia de los niveles de plomo en el suelo

En la Tabla 6, se presenta un resumen de los resultados de plomo obtenido en las muestras recolectadas en diez talleres de baterías de vehículos distribuidas en los distritos estudiados. Se hace un análisis porcentual de acuerdo al establecimiento de tres niveles de clasificación del contenido de plomo en el suelo. Se establece como primer nivel a los resultados obtenidos por debajo de 140 mg/kg (según la norma canadiense). Como segundo nivel se establece a aquellos resultados comprendidos entre 140 y 400 mg/kg de suelo. Y como tercer nivel, a los resultados que están por encima de 400 mg/kg de suelo (según la norma de EPA).

Como se observa en la Tabla 6, de 15 muestras de suelo que se analizaron en algunos talleres de baterías del Distrito II, todas, es decir el 100 %, dieron resultados que están por encima del límite máximo (400 mg/kg de suelo). En este distrito, el nivel más bajo de plomo encontrado fue de 403.8 mg/kg de suelo analizado, y el nivel más alto fue de 20970 mg/kg de suelo.

En el Distrito V, se recolectaron 19 muestras distribuidas en cuatro talleres de baterías. En este distrito, los resultados fueron diferentes al anterior, pues un 0 % de las muestras analizadas obtuvieron resultados de plomo que están por debajo de la norma canadiense (=140 mg/kg),

Tabla 6 Efecto de los talleres de baterías en los niveles de plomo en el suelo en los tres distritos estudiados

Descripción	Distrito II	Distrito V	Distrito VI
Número de muestras extraídas	15	19	15
Porcentaje de muestras con nivel de Pb = 140 mg/kg	0	0	20
Porcentaje de muestras con nivel de Pb entre 140 y 400 mg/kg	0	42	20
Porcentaje de muestras con nivel de Pb > 400 mg/kg	100	58	60
Nivel más alto de Pb (mg/kg)	20970	5785	9480
Nivel más bajo de Pb (mg/kg)	403.8	125.78	101.9
Promedio de los niveles de Pb en el suelo (mg/kg)	6529	2179.8	1618.3

es decir, que no representan ningún peligro de contaminación por plomo. Un 42 % de las muestras de suelo analizadas dieron resultados ubicados en el segundo nivel. Esto significa que de acuerdo a la norma EPA, representan un nivel aceptable de plomo en el suelo, pero puede ser considerado como un aviso de alerta. Sin embargo, en este mismo distrito, un 58 % de las muestras analizadas, se encuentran por encima del tercer nivel (con más de 400 mg Pb/kg de suelo), lo que significa que el suelo está contaminado por este metal. El resultado más bajo y el más alto en estos tres talleres fue de 125.78 y 5785 mg/kg de plomo, respectivamente.

En el Distrito VI, se recolectaron 15 muestras distribuidas en tres talleres de baterías. En este caso, el 20 % de las muestras analizadas se ubican en el primer nivel de plomo, 20 % en el segundo nivel y el 60 % en el tercer nivel. Al igual que en el distrito anterior, la mayoría de las muestras analizadas resultan con un alto nivel de contaminación. El resultado más bajo y el más alto fue de 101.9 y 9480 mg/kg de plomo, respectivamente.

En la base de datos de LABSA, se encuentran resultados analíticos altos de plomo en muestras de suelo analizadas anteriormente procedentes de baterías, algunos con resultados alarmantes. De acuerdo a estos resultados, se puede afirmar que estos talleres producen una contaminación al ambiente y un efecto a los habitantes cercanos a los mismos sin ningún tipo de control establecido hasta el momento. Según registros del MINSA, en Managua hay unos 300 talleres artesanales donde se reparan baterías (El Nuevo Diario, 16-11-2004). La misma fuente señala, que el mayor número de pacientes intoxicados por plomo son los que residen, en los barrios Monseñor Lezcano, Jardines de Veracruz y Pablo Úbeda considerados como los focos contaminantes que generan mayor cantidad de plomo. Pero de acuerdo a los resultados obtenidos, son los talleres del Distrito II donde se obtuvo el mayor promedio de plomo en el suelo (6529mg/kg de suelo).

5.3 Distribución porcentual del efecto del plomo en el suelo

En la Gráfica 1, se puede observar la distribución porcentual de los contenidos de plomo en el total de las muestras analizadas en los 10 talleres seleccionados en estos tres distritos estudiados. Como se puede notar, un 74 % de las muestras analizadas se encuentran por encima del nivel permisible establecido por la EPA. Esto demuestra una vez más el peligro que representa este tipo de actividad en los talleres de baterías.

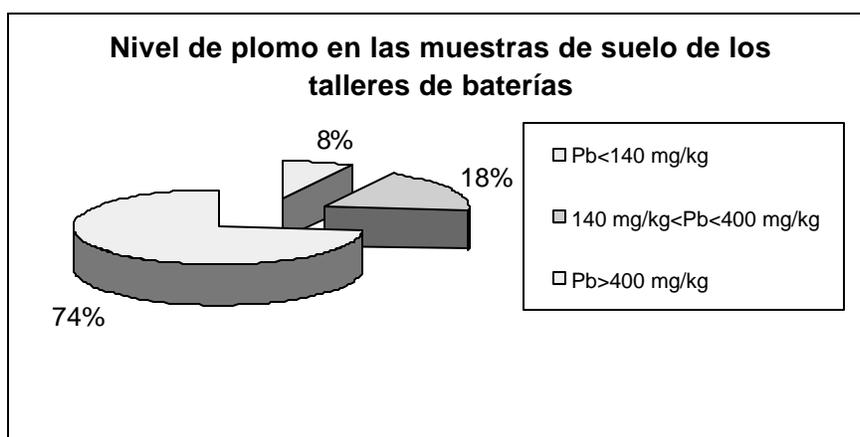


Figura 2. Distribución porcentual del plomo en el suelo del total de muestras evaluadas en los talleres de baterías de vehículos.

5.4 Influencia vehicular

El tránsito vehicular es una fuente de emisión de plomo al ambiente en todo el territorio nacional, principalmente en la zona urbana, ocasionado por la utilización de tetraetilo de plomo. Los niveles de exposición dependen de la concentración del tráfico y de las condiciones climatológicas.

En este sentido fueron tomadas ocho muestras ubicadas en sitios de mayor influencia vehicular. Además, se tomaron dos muestras de suelo donde no hay efecto del tránsito para usarlas como referencia. Las características de todas estas muestras se presentan en la Tabla 7.

Al medirles el pH a estas muestras que con excepción de la muestra del costado sur de la piscícula de la UNA, todas registraron un valor de por encima de 7, lo que significa que presentan una reacción alcalina, lo que favorece un poco a la no solubilidad del plomo en el suelo.

Tabla 7. In fluencia del tránsito vehicular en los niveles de plomo en el suelo

Sitio	pH	CE (mS/cm)	MO (%)	CIC (meq/100)	Text	Pb (mg/Kg)
Costado Oeste Metrocentro	7.47	251	3.35	30.5	F-Arc	38.7
Frente a Edificio Pellas	7.73	245.5	3.68	31.02	F-Arc	126.5
Frente a Colegio Teresiano	7.46	184.5	1.08	39.78	F-Ar	25.8
Frente Edificio Pérez Casar	7.92	217	1.77	25.87	F-Ar	36.7
Frente a Bellsouth	7.72		3.45	36.38	F-Ar	30.6
Frente a Casino Aladdin	7.88	273.5	3.02	24.94	F-Ar	36.7
Puente Larreinaga ½ al Sur	7.94	260	4.51	24.32	F-Ar	48.8
Puente El Paraisito 1c al Este	7.96	241	4.97	27.93	Fr	57.1
Costado Sur Piscícula UNA	6.81	180.5	5.76	45.55	Fr	24.5
Cruz de Mayo,La concha	7.75	66.6	5.18	30.3	Fr-Ar	27.2
Media						45.26

En cuanto al contenido de materia orgánica, la mayoría de las muestras presentaron niveles que van de contenido medio (de 2 a 4 %) a alto (mayor de 4 %). Solo dos muestras presentaron resultados (menor de 2 %). La importancia de la materia orgánica radica en que puede servir de amortiguador de algunos contaminantes, como el plomo en este caso. También

la materia orgánica desempeña un papel muy importante influye en la formación de la estructura del suelo y tiende a promover la formación de propiedades físicas deseables. El otro factor medido fue la capacidad de intercambio catiónico (CIC). Todas las muestras presentan resultados que van desde un nivel medio hasta alto. La CIC también favorece la retención de algunos contaminantes, el plomo en este caso, evitando de esta manera su movimiento hacia el agua subterránea.

En cuanto al contenido de plomo, como puede observarse en la Tabla 7, no se encontraron en las muestras analizadas, niveles de plomo superiores al nivel de referencia de la EPA (400 mg Pb/kg) o al canadiense (140 mg Pb/kg). De acuerdo a estos datos de referencia internacional, estos suelos presentan valores bajos, lo que significa que no se les puede calificar de contaminados. Pero al comparar los resultados con las muestras de usadas como de referencia, se demuestra que hay efecto por el tránsito vehicular, ya que todos los resultados, con excepción de la muestra tomada frente a El Colegio teresiano, estuvieron por encima de los resultados obtenidos en las muestras de referencia. La muestra que dio el resultado más alto fue la que se tomó frente a la Casa Pellas (126.5 mg Pb/kg). Estos resultados han demostrado que el tránsito vehicular influye en el contenido de plomo en el suelo en las calles y avenidas de Managua. Sería importante conocer que efecto se presenta en el tiempo.

5.5 Nivel de plomo en las aguas servidas de los talleres de baterías para vehículos

En la Tabla 8, se presentan los resultados obtenidos en el análisis de las muestras de agua. Todos los resultados están por encima de la norma con lo cual se confirma que produce migración de plomo al agua que sale de los talleres de baterías.

La Organización Mundial de la Salud (OMS), sugiere una guía para el agua potable de 0.01 mg/L para la protección de lactantes (García, 2000).

De ocho talleres evaluados, dos resultaron con los niveles más bajos de plomo (0.77 mg/L). Estos talleres son El Capulín y Frente a Rubenia. Por el contrario, el taller Frank, obtuvo el resultado más alto, con un contenido de 12.3 mg/L. Como se puede observar, el agua muestreada en este taller resulto ser la más ácida con un pH de 0.92 (prácticamente no es agua

sino que es un ácido muy concentrado). Este grado de acidez se relaciona directamente con el contenido de plomo.

De acuerdo a estos resultados, se puede demostrar el efecto que tienen los talleres sobre la contaminación del ambiente en el componente suelo y agua, principalmente.

La presencia de plomo en estas muestras de agua es muy amplia, mucho más de lo que sería esperable, ya que el 100 % de las muestras analizadas presentan niveles considerados como tóxicos. Esto puede ser considerado como un factor epidemiológico del plomo producido por la liberación de este metal pesado producto de la actividad realizada en los talleres, especialmente cuando el agua presenta un marcado carácter ácido, pues de esta manera se favorece la solubilidad del metal.

El agua sigue su curso normal y puede tener un efecto negativo sobre la población. Los efectos de contaminación al subsuelo y de las aguas subterráneas, permanece en el tiempo de forma aún no determinada (Blanco *et al.*, 1998).

Tabla 8. Nivel de plomo en las aguas servidas de los talleres de batería para vehículos

Ubicación	pH	CE (mS/cm)	Pb(ppm)
Taller San Cristóbal	7.9	371	4.6
Taller J. R	8.16	381	3.33
Taller El Capulín	7.24	847	0.77
Taller El Negro	8.6	555	3.33
Taller William	7.6	723	5.89
Taller Rubenia	5.49	806	0.77
Taller San Jerónimo	6.77	959	3.33
Taller Frank	0.92	17.41	12.3

Como es sabido, la sociedad en general se enfrenta a múltiples problemas: político, social, económico, etc. A estos problemas se suman los problemas del efecto ambiental causado por el mal manejo que esta sociedad le da al mismo. Este problema de la contaminación ambiental se incrementa cada día y las tareas para detenerla son muy pequeñas comparadas con las actividades de contaminación.

Se ha realizado un estudio de los efectos que produce el manejo de las baterías de vehículos sobre el medio ambiente (he aquí en este trabajo los resultados). Iguales estudios,

probablemente, se han realizado en otros países. Pero, qué se hace para detener este efecto. Los trabajadores de estos talleres es muy posible que se encuentren muy afectados en sus organismos, así como también los de su familia. Ellos no pueden dejar de trabajar en estos talleres, por que es el sustento de su vida diaria, y de acuerdo a la coyuntura actual, no tienen otra alternativa para sobrevivir, aún sabiendo que trabajan en una bomba de tiempo de esta naturaleza. El reto está planteado para resolver este problema, y en Nicaragua existen leyes o decretos para ejercer el control de la contaminación industrial y, posiblemente voluntad en cierta medida, por un lado. Pero hacen falta muchos recursos para evitar la contaminación por plomo en este caso.

VI. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos de este estudio representan una evaluación de los niveles de plomo encontrados en los suelos de los talleres de baterías de vehículos. En base a los resultados obtenidos en este estudio de plomo se concluye lo siguiente:

- Los resultados de plomo encontrados en estas muestras de suelo indican que el 74 % de las muestras analizadas están por encima del nivel permisible de acuerdo a la EPA.
- Las muestras de suelo analizadas en tres talleres del distrito tres son los que presentan las más altas concentraciones de plomo con el 100 % de las muestras arriba del límite permisible.
- El tráfico vehicular influye en los contenidos de plomo en el suelo como resultado de la comparación con los datos obtenidos de plomo en muestras de suelo sin influencia vehicular.
- Las aguas servidas en los talleres de baterías, presentan contenido de plomo que están por encima del nivel permitido de acuerdo a la Organización Mundial de la Salud.

VII. RECOMENDACIONES

En base a los resultados obtenidos se sugieren las siguientes recomendaciones:

1. Dar continuidad a la investigación del efecto ambiental de contaminación por plomo.
2. Realizar estudios de remediación en suelos contaminados mediante la aportación del mineral apatita.
3. Como respuesta inmediata para evitar la contaminación por plomo hacia las áreas circundante de los talleres es manteniendo húmeda el área del taller para evitar la dispersión del polvo.
4. Que los trabajadores de los talleres usen los equipos de protección adecuada para evitar la contaminación por plomo.

VIII. BIBLIOGRAFÍA

- Blanco, A. L., D. A. Gutiérrez, O. Jiménez, M. Santiago, B. Manzano. 1998. Estudio de los niveles de plomo, cadmio, zinc y arsénico en aguas de la provincia de Salamanca. *Revista de Salud Pública*. 72:53-65.
- Chávez, I. Mantenimiento de baterías. En:
www.cubasolar.cu/biblioteca/energia/Energia17/HTML/articulo04.htm- 13k.
- Corey, G. y Galvao, L. 1989. Centro Panamericano de Ecología Humana y Salud. OPS/OMS. Plomo. Serie Vigilancia 8. Metepec, México.
- Danza, F., D. Danatro, F. Gómez, A. Laborde, B. López, D. PeronaF. Spontón, F. Tomasina y V. Velásquez. 2000. Contaminación por plomo. Informe elaborado por la Comisión de Salud Ocupacional. Sindicato Médico del Uruguay.
- DVGW. 1985. Plomo y sus compuestos inorgánicos. *En*:
[//ces.iisc.ernet.in/energy/HC270799/HDL/ENV/envsp/vol341.htm](http://ces.iisc.ernet.in/energy/HC270799/HDL/ENV/envsp/vol341.htm).
- El Nuevo Diario, 16 de noviembre de 2004.
- Fathi & Lorentz. 1980. Plomo y sus compuestos inorgánicos. *En*:
[//ces.iisc.ernet.in/energy/HC270799/HDL/ENV/envsp/vol341.htm](http://ces.iisc.ernet.in/energy/HC270799/HDL/ENV/envsp/vol341.htm).
- Foth, Henry D. 1986. Fundamentos de la Ciencia del Suelo. Compañía Editorial Continental, S.A., México.
- García, M. 2000. Evaluación Sanitaria de plomo en agua en Cuba. *Rev. Cubana Epidemiol.* 38(3):179-183.
- Landon, J. R. 1984. *Broker Tropical Soil Manual*. Booker International Limited. Inland.
- Merian. 1984. Plomo y sus compuestos inorgánicos. *En*:
[//ces.iisc.ernet.in/energy/HC270799/HDL/ENV/envsp/vol341.htm](http://ces.iisc.ernet.in/energy/HC270799/HDL/ENV/envsp/vol341.htm).
- Morante, L. 2001. El plomo y la salud humana .Disponible en [www. callao.org/plomo / plomoysalud_.htm](http://www.callao.org/plomo/plomoysalud_.htm).
- OMS.1987. Plomo y sus compuestos inorgánicos. *En*:
[//ces.iisc.ernet.in/energy/HC270799/HDL/ENV/envsp/vol341.htm](http://ces.iisc.ernet.in/energy/HC270799/HDL/ENV/envsp/vol341.htm).
- Torres, O., L. Garza, V. Abrego, M. A. Bernal y A. Piñeyro. 2001. Contaminación Ambiental. Parte I. Plomo: Exposición en niños y la importancia de su detección. CIENCIA UANL. Vol. IV. No. 1:76-81.

Uba. 1976. Plomo y sus compuestos inorgánicos. *En:*

[//ces.iisc.ernet.in/energy/HC270799/HDL/ENV/envsp/vol341.htm](http://ces.iisc.ernet.in/energy/HC270799/HDL/ENV/envsp/vol341.htm).

Ullmann. 1990. Plomo y sus compuestos inorgánicos. *En:*

[//ces.iisc.ernet.in/energy/HC270799/HDL/ENV/envsp/vol341.htm](http://ces.iisc.ernet.in/energy/HC270799/HDL/ENV/envsp/vol341.htm).

Yaron, B. R. Calvet, R. Prost. 1996. Soil Pollution: Processes and Dynamics. Springer Verlag
Berlin Heidelberg New York. P. 37.

www.lenntech.com/espanol/referencias_tabla_periodica.htm

[www. Sugeologia.org/publicaciones/conf_doc/plomo.pdf](http://www.Sugeologia.org/publicaciones/conf_doc/plomo.pdf)