

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

**SECCIÓN DE POSGRADO Y SEGUNDA ESPECIALIZACIÓN**



**“PLOMO EN ÁRBOLES COMO INDICADOR DE  
POLUCIÓN AMBIENTAL”**

**TESIS**

**PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE  
MAESTRO EN CIENCIAS CON MENCIÓN EN:  
GESTIÓN AMBIENTAL**

**PRESENTADO POR:  
ERICK COBEÑA NAVARRETE**

**LIMA, PERÚ**

**2014**

**A. Dedicatoria**

*A mi difunto padre el Doctor Luis Horacio Cobeña León; a mi madre, una verdadera dama, la Licenciada Sra. Gloria Corina Navarrete Cornivel; a mi esposa la Psicóloga Marilú del Pilar Escobal Mendoza y a mi querido hijo Erick Jossue Cobeña Escobal.*

**B. Agradecimiento**

*Al Doctor José Jorge Espinoza Eche, quien me asesoró en el desarrollo de la presente tesis.*

*A la doctora Silvia Iglesias León y a la ingeniera MSc. Rosa Amparo Becerra Paucar quienes con sus valiosas recomendaciones aportaron en la culminación de la presente tesis.*

### C. Resumen

En la presente investigación se realizó la determinación de la cantidad de plomo en partes por millón (ppm) contenido en los tejidos parenquimatosos de los árboles de la especie *Ficus nítida*, ubicados en cuatro zonas de la provincia de Lima, adyacentes a cuatro de las cinco estaciones de la Red de Vigilancia de Calidad de Aire de Lima de la Dirección General de Salud Ambiental del Ministerio de Salud del Perú.

Los datos obtenidos de la cantidad de plomo presentes en los árboles (ppm) fueron correlacionados, en valores absolutos, con los valores de plomo atmosférico (ppm) provenientes de los registros de la Dirección General de Salud Ambiental.

La determinación de las cantidades presentes de plomo en los tejidos de los árboles fue realizado por el Laboratorio de Análisis de Suelos, Aguas y Fertilizantes de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional Agraria La Molina, mediante la espectrofotometría de absorción atómica.

Las Estaciones de la Red de Vigilancia de Calidad de Aire de Lima de la Dirección General de Salud Ambiental del Ministerio de Salud del Perú, se encuentran ubicadas en Lima Centro o Lima Ciudad denominada también como “Congreso” o “Conaco”; Lima Este ubicada en el Hospital Hipólito Unanue; Lima Norte ubicada en el Centro de Salud Laura Rodríguez; y Lima Sur ubicada en el Hospital María Auxiliadora.

En estas Estaciones de Monitoreo se han registrado datos de concentración de plomo atmosféricos entre los años 2000 al 2005 y el año 2007.

Con relación a estos valores; para la estación de monitoreo de Lima Centro o Lima Ciudad el promedio anual de plomo en el aire es de 30.510 ppm; en Lima Este fue de 22.158 ppm; en Lima Norte fue de 30.742 ppm y en Lima Sur fue de 15.197 ppm.

Con relación a los valores promedios, obtenidos en el laboratorio, de concentración de plomo en los árboles, de las cuatro zonas adyacentes a las

cuatro estaciones de monitoreo de la Red de Vigilancia, estos fueron de 54.97 ppm en Lima Centro o Lima Ciudad, 50.72 ppm en Lima Este, 54.93 ppm en Lima Norte y 11.51 ppm en Lima Sur.

Por otro lado; los resultados obtenidos en los árboles de cada una de las cuatro zonas de Lima, comparados con los resultados de calidad de aire en las Estaciones de Monitoreo de DIGESA, en valores absolutos; demuestran que existe una correlación del 89 % entre los datos de concentración de plomo en los tejidos de árboles con los datos de concentración de plomo atmosférico en cada una de las cuatro zonas de muestreo.

Por todo lo señalado; se demuestra que el monitoreo del análisis foliar es un procedimiento válido para determinar el grado de contaminación ambiental por el plomo atmosférico y se afirma la hipótesis planteada que señala que a través de la instalación de áreas verdes urbanas; especialmente árboles, se puede mitigar la contaminación ambiental por la acción de bio-acumulación de metales pesados, en este caso el plomo.

#### **D. Abstract**

The present investigation was conducted to determine the amount of lead (ppm) content in the tissues of Ficus species of trees. It was located in four areas of Lima, adjacent at four of the five Air Quality Evaluation Stations of the DIGESA of Peru's Health Ministry. The data obtained from the amount of lead present in the trees (ppm) were correlated, in absolute values, with the values of atmospheric lead (ppm) from the Air Quality Evaluation Station's records.

The determination of the amount of lead present in the tissues of the trees was analyzed by the Soil, Waters and Fertilizers Testing Laboratory of the Agronomy's Faculty of the "La Molina" University, by atomic absorption spectrophotometry.

The four Air Quality Stations of the DIGESA are located in Lima's City Centre also called "Congreso" or "Conaco", another is located in East Lima near the Hipolito Unanue's Hospital, another is located in North Lima Health Center called "Laura Rodriguez", and another is located in South Lima Hospital also called "Hospital Maria Auxiliadora".

In these Air Quality Evaluation Stations data were recorded about atmospheric lead concentration from 2000 to 2005 and 2007.

In relation to these values, for the Lima City Center Station, annual average of air lead was 30.510 ppm; in East Lima this was 22.158 ppm; in North Lima it was of 30.742 ppm and South Lima it was 15.197 ppm.

In relation to the average values obtained in the laboratory about the concentration of lead in the trees, from the four areas adjacent to the four Air Quality Evaluation Stations, there were 54.97 ppm in Lima Center or Lima, 50.72 ppm East Lima, 54.93 ppm in North Lima and 11.51 ppm in South Lima.

On the other hand; the results obtained in the trees of each one of the four different areas of Lima, compared with the results of the Air Quality Evaluation Stations, in absolute values; show that there is a correlations of 89% between

data about lead concentration in the tissues of data trees with atmospheric lead concentration in each one of the four sampling areas.

Therefore, it is shown that monitoring of foliar analysis is a valid method determinate the degree of environmental contamination by atmospheric lead.

**E. Índice**

1.	Introducción	1
1.1.	Planteamiento del Problema	2
2.	Marco teórico	3
2.1.	El plomo como elemento contaminante	3
2.2.	Bioacumulación de plomo	5
2.3.	Impacto del plomo en la salud	8
3.	Objetivos	12
3.1.	Objetivo General	12
3.2.	Objetivos Específicos	12
4.	Hipótesis	13
5.	Materiales y métodos	14
5.1.	Recopilación de datos	14
5.2.	Localización de los Puntos de Muestreo	14
Tabla 1 :	Los árboles de Lima Sur	15
Tabla 2 :	Los árboles de Lima Centro	16
Tabla 3 :	Los árboles de Lima Este	17
Tabla 4 :	Los árboles de Lima Norte	18
5.3.	Descripción de los árboles	19
Tabla 5 :	Muestras de árboles de Lima Sur	20
Tabla 6 :	Muestras de árboles de Lima Centro	21

Tabla 7 :	Muestras de árboles de Lima Este	22
Tabla 8 :	Muestras de árboles de Lima Norte	23
5.4.	Extracción de Muestras	24
5.4.1.	Procedimiento	24
5.4.2.	Transporte y Conservación	24
5.5.	Determinación de Plomo	24
5.5.1.	Materiales y Reactivos	24
5.5.2.	Equipos	25
5.6.	Preparación de las Muestras	26
5.6.1.	Tratamiento preliminar de las muestras	26
5.6.2.	Digestión por ácido nítrico	26
5.6.3.	Determinación de Plomo	26
5.6.4.	Fundamento	27
5.7.	Metodología Estadística	27
Tabla 9 :	Interpretación del Porcentaje de Correlación	29
6.	Resultados	30
6.1.	Muestras vegetales	30
Tabla 10 :	Pb (ppm) en muestras vegetales de Lima Sur	30
Tabla 11 :	Pb (ppm) en muestras vegetales de Lima Centro	31
Tabla 12 :	Pb (ppm) en muestras vegetales de Lima Este	31
Tabla 13 :	Pb (ppm) en muestras vegetales de Lima Norte	32

6.2.	Calidad de Aire	32
Tabla 14 :	Pb en el Aire (PM10) en las Estaciones Digesa 2005 – 2007	33
Tabla 15 :	Resultados de Pb en el Árboles (ppm)	48
Tabla 16 :	Pb en Aire PM10 (ppm) y Pb en Árboles (ppm)	48
7.	Discusión	55
8.	Conclusiones	58
9.	Recomendaciones	59
10.	Bibliografía	61
11.	Anexos	64
11.1.	Resultados del laboratorio	64
11.2.	Planos	64
11.3.	Registros fotográficos	64
11.4.	Resultados de plomo en el aire de DIGESA	64

## 1. Introducción

Los métodos para determinar la contaminación ambiental generada por metales pesados, especialmente el plomo son complejos

De igual forma, las acciones para mitigar la contaminación ambiental por metales pesados son mínimas.

El presente trabajo se ha desarrollado en base a una propuesta de establecer una metodología que permita correlacionar el nivel de plomo presente en el aire con la presencia de este metal pesado en los tejidos parenquimatosos de los árboles.

Para tal fin, se ha determinado la cantidad de plomo (ppm) presente en los tejidos de la especie forestal *Ficus nítida*, la cual es una especie arbustiva – arbórea, ampliamente distribuida en la ciudad de Lima y dicho valor se ha correlacionado, en valores absolutos, con el valor de plomo atmosférico (ppm) que registran cuatro de las cinco Estaciones de la Red de Vigilancia de Calidad de Aire de Lima.

El desarrollo del trabajo comprendió un planteamiento de la hipótesis, una fase de campo para la toma de muestras vegetales en los cuatro sectores de la ciudad de Lima: Norte, Este, Centro y Sur; el envío de las muestras a un laboratorio acreditado para la determinación de la cantidad de plomo en los tejidos de los árboles y finalmente una fase de gabinete.

Los resultados del análisis matemático han demostrado que existe un alto porcentaje de correlación, en valores absolutos, entre el nivel de plomo en los tejidos de los árboles con el nivel de plomo registrado en las cuatro estaciones de monitoreo de la Red de Vigilancia de Calidad de Aire de Lima.

Tal como se ha evidenciado en la información utilizada como fuente secundaria para el desarrollo del presente trabajo y como se ha demostrado, se propone que a través de la instalación de áreas verdes urbanas; especialmente árboles, se pueda mitigar la contaminación ambiental por la bioacumulación de metales pesados como el plomo.

### **1.1. Planteamiento del Problema**

Actualmente la contaminación ambiental por metales pesados se constituye como un álgido problema especialmente en ciudades con alta presencia de fábricas y un congestionado parque automotor. Son complejos los métodos para determinar la contaminación ambiental generada por metales pesados especialmente el plomo.

De igual forma son mínimas las acciones para mitigar la contaminación ambiental por metales pesados.

## 2. Marco teórico

### 2.1. El plomo como elemento contaminante

El plomo (Pb) es uno de los elementos más abundantes en la corteza terrestre, originado por fuentes naturales y por un gran número de actividades humanas (15,14)

El plomo es un metal pesado que se emite a la atmósfera principalmente en forma de partículas. La fuente principal es la combustión de gasolina con plomo. El plomo es un aditivo en la gasolina que desacelera el proceso de combustión en los vehículos con motores de ignición a chispa (17)

En un estudio realizado en Nápoles por Alfani (1), manifiesta que las áreas urbanas están expuestas a fuertes concentraciones de contaminación de aire emitidos por factores humanos en forma de partículas sólidas o gases.

El mayor problema relacionado con la contaminación de suelos por el plomo es su permanencia. El plomo acumulado en el suelo permanecerá allí, por 300 años, afectando en mayor o menor grado el crecimiento de las plantas. Es así que el plomo se introduce dentro de la cadena alimenticia y la dinámica biológica. Así las plantas pueden ser usadas para procesos de biorremediación de suelos contaminados con plomo y otros metales pesados (2)

Según Radics (6), las áreas urbanas tienden a incrementar su población, en nuestros días aproximadamente la mitad de la población del mundo vive en las ciudades; este gran número de personas y las condiciones socioeconómicas produce una alta actividad industrial y modifica la calidad del aire urbano.

Un escrutinio en el área urbana de Nápoles reveló un alto grado de contaminación (1) y las trazas de concentración de metales en las hojas de *Quercus ilex* tuvieron una correlación positiva con el índice de tráfico vehicular, indicándonos que los gases emitidos por los motores de los vehículos son una importante fuente de contaminación en la ciudad mencionada. Cabe resaltar que los estudios de contaminación en los años 1996 y 1989, coincidieron (especialmente para el caso del plomo) con el cierre de una planta de acero, al

oeste de la ciudad, y con el cierre, también, de una refinería de petróleo al este de la misma ciudad de Nápoles.

Numerosos lugares en naciones industrializadas han sido contaminados con plomo y otros metales. Las fuentes de plomo incluyen pinturas, aditivos de gasolina, fundiciones y refinería de plomo, plomo residual de la demolición de automóviles, pesticidas y plomo ácido proveniente de baterías y frenos. La reutilización de baterías de automóviles puede generar plomo peligroso para la salud pública y para el ambiente. El plomo es el principal contaminante del suelo y los depósitos de basura <sup>(5)</sup>

Los principales contaminantes son las plantas industriales, las estaciones de energía, los sistemas de calentamiento en los hogares y el motor de los vehículos <sup>(1)</sup>

Las fuentes antropogénicas del plomo incluyen no solo el plomo en la gasolina, sino también el plomo en el agua potable a causa del uso histórico de plomo en las tuberías y sistema de distribución de agua, en las pinturas basadas en plomo, en fuentes estacionarias de plomo tales como fundiciones y fábricas manufactureras, plantas de reciclaje de baterías y en las diferentes actividades mineras <sup>(18)</sup>

El plomo que se encuentra en la atmósfera procede, básicamente de la combustión de gasolina con plomo; otras fuentes consideradas son el carbón, la combustión de aceite, la minería, la producción de cierto tipo de manufacturas, los fertilizantes, la incineración, la producción de cementos y la combustión de madera <sup>(14)</sup>

Los niños que viven en las calles con tráfico vehicular intenso tienen niveles de plomo en la sangre significativamente más elevados que aquéllos que viven en calles residenciales <sup>(13)</sup>

Si bien se han tomado medidas para reducir la concentración de plomo en las gasolinas, las pinturas, los alimentos enlatados y los juguetes, hoy en día persiste la tradición de utilizar cerámica vidriada. La cerámica vidriada a bajas

temperaturas libera cantidades sustanciales de plomo al contacto con los alimentos, especialmente si estos tienen un pH bajo <sup>(14)</sup>

Una estimación a nivel mundial de las emisiones antropogénicas de plomo a la atmósfera, sugiere que la gasolina con plomo fue la responsable de las tres cuartas partes del total de emisiones de plomo <sup>(18)</sup>

Por ese motivo, durante la cumbre de las Américas, realizada en Miami en 1994, los jefes de estado de 34 países del hemisferio occidental firmaron un plan para la prevención de la contaminación. El compromiso de cada gobierno fue el de desarrollar e implementar planes de acción nacionales para reducir gradualmente el uso del plomo como aditivo en la gasolina <sup>(18)</sup>

A la fecha, en casi todos los países de Latinoamérica y el Caribe se ha eliminado el plomo de la gasolina. En el Perú, en 1998 se dispuso retirar la gasolina de 95 RON (numero octano de investigación) con plomo y se disminuyó el contenido de plomo en la gasolina de 84 RON de 1.16 a 0.84 g/l de plomo y se proyectó retirar la totalidad de plomo en la gasolina de 84 RON el 31 de diciembre del 2004 <sup>(19)</sup>

## **2.2. Bioacumulación de plomo**

Kéller et al. (1994) nos dice que desde 1971 las hojas del follaje de los árboles de la especie *Fagus sylvatica L.* conocida comúnmente como “*haya común*”, que se encuentran cercanos a una incineradora de basura regional; vienen siendo usadas cada año a principios de septiembre para analizar la concentración de cloro, y algunos años de otros 16 elementos, entre ellos el plomo. Señala que, en comparación con los límites de toxicidad e independientemente de los valores de cloro, las cantidades de plomo (en promedio de  $5.04 \pm 19.95$  mg/kg) encontradas entre los años 1971 y 1978 se limitan a la tolerancia máxima, (5 – 20 mg/kg) y no están muy alejadas del límite más bajo de toxicidad de 30 mg/kg. Sin embargo, desde 1984, la contaminación por plomo se ha reducido de manera constante y desde 2001 se encuentra debajo el límite de detección de 3 mg/kg.

Los efectos en la purificación del aire por parte de la vegetación ya son conocidos desde algún tiempo <sup>(3)</sup> y esto es la filtración y acumulación de contaminantes. Es así que el análisis foliar ha sido usado frecuentemente para detectar los elementos que pueden estar presentes en el aire en bajas concentraciones o de manera temporal.

Se cree que la absorción foliar es en mayor proporción a través de la cutícula que a través de los estomas; así las diferencias en las cantidades de absorción foliar de las diferentes especies de plantas pueden ser debidas a diferencias genéticas, diferencias en el espesor y composición de la cutícula, diferencias que también pueden estar influenciadas por la edad de la hoja, y que determinan la cantidad de humedad que puede permanecer en contacto sobre la lámina foliar; también influyen los tricomas y las células protectoras, así como las características del follaje, como por ejemplo el ángulo de pliegue de la hoja <sup>(8)</sup>

Según Megan <sup>(7)</sup>; el uso de materiales biológicos para limpiar los suelos contaminados con metales pesados está convirtiéndose en una forma favorable de biorremediación, las plantas herbáceas fitorremediadoras son capaces de absorber grandes cantidades de metales pesados del suelo y acumular estos metales en sus tejidos.

Según Flores <sup>(4)</sup>; la entrada del plomo en los vegetales es probablemente pasiva, sin gasto de energía, y ocurre por difusión; la movilización desde las raíces hacia otros órganos del vegetal es baja; la deposición aérea y la entrada vía foliar de este elemento pueden contribuir significativamente a explicar las concentraciones encontradas en el follaje.

Alfani <sup>(1)</sup>; presentó un análisis comparativo entre las concentraciones de C, N y S y otros elementos traza (Fe, Mn, Na, Zn, Cu, V, Pb, Ni, Cr, Cd) en las hojas de *Quercus ilex* "roble siempreverde" colectadas en un área de Nápoles en los años 1989 y 1996. Los ensayos fueron recogidos en 25 ciudades (avenidas con diferentes índices de tráfico vehicular, parques) y en 2 áreas alejadas como control. Relativamente los valores medidos en 1996, con respecto al año 1986 denotaron una fuerte disminución de S, Fe, Na, Pb, y Cr; excepto con S en las áreas control. Por el contrario; el contenido de C, N y Cd, fue mayor en 1996 que

en 1989. El Cu y Ni mostraron un gran incremento en las áreas control, como en las áreas urbanas ubicadas frente al mar y en los parques, mientras que en todos los otros lugares urbanos la concentración de estos elementos decreció. No se han encontrado diferencias significativas entre la concentración promedio de Mn y V en 1989 con relación al año 1996. Tanto en 1989 como en 1996 el contenido de N, S, Fe, Na, Cu, Pb, V, Cr, y Cd fue significativamente alto en las ciudades evaluadas con relación a las áreas de control; reflejando el alto grado de contaminación de las áreas urbanas. Para las hojas colectadas en el año 1996, la concentración de contaminantes en áreas cercanas a las carreteras con respecto a las áreas control fue alta; pero significativamente menor en el año 1989.

Varias especies de plantas incluyendo árboles y herbáceas son conocidas por acumular un gran rango de metales, siendo así que se pueden tener implicancias en la salud humana si las plantas alimenticias acumularan altas concentraciones de metales. Por otro lado, recientes investigaciones examinaron que el uso de plantas acumuladoras son una herramienta para la recuperación de suelos contaminados <sup>(5)</sup>

Algunas plantas son hiper-acumuladoras de metales pesados, en sus hojas y tallos pudiendo llegar a acumular una concentración de 0.1 % de su masa seca. Las plantas bio-acumuladoras pueden acumular hasta 1000 veces más metales pesados que plantas normales, sin que manifiesten signos de toxicidad; este grupo de plantas incluyen alrededor de 400 especies <sup>(2)</sup>

En muchas plantas el nivel de plomo acumulado puede exceder en más de 100 veces el máximo nivel permisible acumulado por los humanos que es de 2 mg de plomo por kg de masa seca; sin que esto represente un efecto negativo en el crecimiento y el nivel de producción de las mencionadas plantas <sup>(2)</sup>

En un estudio de Piechalak <sup>(2)</sup>, se mostraron que las plantas de la familia Brassicaceae son buenas acumuladoras de plomo, especialmente *Brassica juncea* "Mostaza India" se convirtió en el mejor acumulador de plomo, es así que puede acumular en sus retoños alrededor de 10 miligramos de plomo por gramo de masa seca, y en sus raíces, cerca de 100 miligramos de plomo por gramo de

masa seca; luego de 20 días de cultivado en un sustrato con 625 microgramos de plomo por gramo seco.

### **2.3. Impacto del plomo en la salud**

Las principales vías de exposición humana son la inhalación y la ingestión. Las condiciones geográficas y climáticas limitan la dispersión del plomo atmosférico, el cual tiende a sedimentarse y contaminar el polvo, suelo y agua <sup>(13)</sup>

Según Finkelman <sup>(13)</sup>; los signos y síntomas de la intoxicación aguda por plomo pueden derivarse por la exposición masiva a corto plazo y por la absorción de plomo a largo plazo. La anorexia, dispepsia y constipación se presentan inicialmente, seguidos de cólicos caracterizados por un dolor abdominal. La piel generalmente es pálida, el pulso lento y la presión sanguínea puede elevarse.

La encefalopatía aguda; es decir la alteración en el estado mental cuyos síntomas neurológicos más comunes son la pérdida de funciones cognitivas, cambios en la personalidad, falta de concentración y disminución en el nivel de la conciencia; por plomo en adultos es menos frecuente. Se han observado numerosos casos de niños con “pica”, que es un tipo de trastorno alimentario en el que existe un deseo irresistible de comer o lamer sustancias no nutritivas y poco usuales como tierra, tiza, yeso, virutas de la pintura, almidón, pegamento, cenizas de cigarrillo, insectos, papel o cualquier otra cosa que no tiene, en apariencia, ningún valor alimenticio. Las concentraciones de plomo en sangre asociadas con encefalopatía aguda van de 80 a 100 ug/dL <sup>(13)</sup>.

Como efectos crónicos, el incremento en la absorción del plomo puede originar problemas en el sistema nervioso. Los efectos en el sistema nervioso se observan con más frecuencia en niños, debido a que son más sensibles al plomo que los adultos. Los síntomas moderados de los efectos en el sistema nervioso pueden incluir deterioro mental, conducta inquieta o agresiva, pérdida del apetito, dificultad para conciliar el sueño, dolor abdominal y vómito <sup>(13)</sup>

Históricamente el plomo se ha agregado a la gasolina como el mejorador más barato del octanaje y sin embargo es extremadamente dañino para la salud. Estudios epidemiológicos <sup>(13,14)</sup> muestran que en el cuerpo humano el plomo no

se metaboliza sino que se absorbe y produce intoxicación aguda (cólicos abdominales, vómitos, somnolencia, incremento de la presión arterial y otros) y crónica (alteraciones del sistema nervioso central, alteraciones en la síntesis del hemo, sustancia que forma parte de la hemoglobina de la sangre; y la anemia, alteraciones renales morfológicas y funcionales irreversibles y alteraciones en el corazón y sistema circulatorio), siendo generalmente los niños los más afectados.

En el caso de Estados Unidos, después que se retiró el plomo de la gasolina, se redujo el plomo en el aire (a niveles medibles) en 90% y lo más importante es que se redujo el contenido de plomo en la sangre de las personas que viven en las ciudades, desde un nivel promedio de casi 10 microgramos por decilitro a principios de los años 80 a los niveles actuales de 2 microgramos por decilitro. Entonces a medida que se saca el plomo de la gasolina, se saca el plomo del aire y por tanto de la sangre <sup>(11)</sup>

Según Lacasaña <sup>(16)</sup>; el plomo es un tóxico que produce múltiples enfermedades, incluyendo retraso en el crecimiento, disminución de audición y daño a los nervios periféricos en los niños. En los adultos, mayores exposiciones producen daño a los riñones, aumento de presión arterial, infertilidad masculina y anemia. En niveles encima de 100 ug/dl de plomo en sangre, puede producir demencia aguda y la muerte.

Estudios en animales y humanos han demostrado que la exposición a plomo puede actuar sobre diferentes sistemas de nuestro organismo, principalmente sobre la biosíntesis de la hemoglobina <sup>(17)</sup>, el sistema nervioso central y el sistema cardiovascular <sup>(13)</sup>

El plomo puede causar intoxicación aguda y crónica la primera se presenta en niños y es menos frecuente en adultos. Por lo general, la intoxicación crónica y subaguda se originan por la exposición al aire, suelo y alimentos contaminados <sup>(13)</sup>

En las últimas décadas se ha desarrollado el conocimiento sobre los impactos ambientales adversos que ocasiona la exposición prolongada de bajos niveles de plomo en el ambiente. Las autoridades competentes de salud en diversos

países han establecido que una concentración de plomo del orden de diez microgramos por decilitro constituye un nivel inaceptable de exposición al plomo<sup>(11)</sup>

Aun cuando no se producen síntomas externos, los niños que sufren envenenamiento por plomo se distraen fácilmente, no son capaces de hacer cosas simples y los resultados de las pruebas de coeficiente de inteligencia (IQ) muestran valores bajos. Los adolescentes que presentan niveles altos de plomo en la sangre desde niños, corren el riesgo de abandonar la escuela y tener problemas de lectura. El vocabulario, razonamiento verbal, lectura y dicción, así como la coordinación psicomotriz (mano y vista) son defectuosos, su ausentismo es grande, son lentos para reaccionar, tienen dificultades para seguir instrucciones simples y secuencias de instrucciones y socializan poco en grupo<sup>(11)</sup>

Los niños pequeños son los más propensos a sufrir daños por la sobreexposición al plomo, por diversas razones, los daños causados son los de mayor importancia en el largo plazo por sus consecuencias sociales y económicas<sup>(11)</sup>

Desde hace mucho tiempo se conoce al plomo como uno de los contaminantes más tóxicos de uso común. Es emitido por la combustión de los aditivos de la gasolina, las fábricas de baterías y las fundiciones no ferrosas. El plomo, afecta a varios órganos y puede causar esterilidad y defectos neurológicos, como retardo mental y desórdenes del comportamiento. Los infantes y niños son los más susceptibles. En los países que han eliminado el plomo como aditivo de la gasolina, los niveles han caído espectacularmente, con el beneficio adicional de permitir a estos países exigir que los nuevos vehículos estén equipados con convertidores catalíticos. Los niveles de plomo en el centro de Lima alcanzaron en 1996 una concentración promedio anual de 0.576 microgramos/m<sup>3</sup> y una concentración diaria máxima de 0.999 microgramos/m<sup>3</sup><sup>(19)</sup>

Estudios en mujeres mexicanas embarazadas reportaron que niveles de plomo en sangre tan bajos como 10 ug/dL se asociaron con una edad gestacional menor, menor peso de nacimiento, circunferencia torácica y largo del tronco reducidos en los recién nacidos y disminución en la capacidad de organizar su conducta durante los primeros 30 días de vida <sup>(13)</sup>

### **3. Objetivos**

#### **3.1. Objetivo General**

Determinar la relación existente entre los niveles de plomo atmosférico con la bio-acumulación que se realiza en los árboles de la especie forestal *Ficus nitida* de la familia de las *Moráceas*; expuestos al ambiente en la ciudad de Lima<sup>1</sup>.

#### **3.2. Objetivos Específicos**

El presente trabajo consideró los siguientes objetivos específicos:

Correlacionar los niveles de plomo en el ambiente de la Ciudad de Lima (datos estadísticos) con la presencia de este metal en el fuste de los árboles de Ficus, establecidos en la misma Ciudad de Lima.

Establecer un procedimiento para determinar el nivel de plomo en el ambiente a través de la presencia de este elemento en los Ficus expuestos a contaminación ambiental.

Validar la hipótesis que señala que a través de la instalación de áreas verdes urbanas; especialmente árboles, se puede mitigar la contaminación ambiental por la acción de bio-acumulación de metales pesados como el plomo.

---

<sup>1</sup> Por seguridad del personal encargado del muestreo se cambió la Ciudad del Callao por la Ciudad de Lima

#### **4. Hipótesis**

Los vegetales se constituyen como bio-acumuladores de metales pesados, los cuales captan a través de la cutícula y los estomas de las hojas. Estos metales se movilizan en las plantas mediante los tejidos de conducción, de crecimiento y se acumulan los mismos.

A través de la instalación de áreas verdes urbanas; especialmente árboles, se puede mitigar la contaminación ambiental por la acción de bio-acumulación de metales pesados como el plomo.

## **5. Materiales y métodos**

### **5.1. Recopilación de datos**

Se recopilaron datos estadísticos de calidad de aire a través de los resultados de los promedios anuales de concentración de plomo en el aire (ppm) en las estaciones de la Red de Vigilancia de Calidad de Aire de Lima (2011), de la Dirección General de Salud Ambiental del Ministerio de Salud del Perú; para los años 2000 al 2005 y el año 2007; siendo estos los únicos años que registran esta información.

Las estaciones de la Red de Vigilancia de Calidad de Aire de Lima, se encuentran ubicadas en los siguientes lugares:

- 1º. Lima Centro o Lima Ciudad denominada también como “Congreso” o “Conaco”
- 2º. Lima Este ubicada en el Hospital Hipólito Unanue
- 3º. Lima Norte ubicada en el Centro de Salud Laura Rodríguez
- 4º. Lima Sur ubicada en el Hospital María Auxiliadora.

### **5.2. Localización de los Puntos de Muestreo**

La ubicación de los puntos de muestreo de los árboles ubicados de manera adyacente a las estaciones de la Red de Vigilancia de Calidad de Aire de Lima, se muestra en las tablas 1 a 4 y en el anexo 2.

**Tabla 1 : Los árboles de Lima Sur**

LIMA SUR					
Hospital María Auxiliadora					
N° de Muestra	Ubicación WGS 1984			Altitud (m)	Referencia
	Nominación	Localización			
1	SJM 1	Este	286,795	123	Av. Miguel Iglesias, Cuadra 8. Zn D Berma central
		Norte	8'654,822		
2	SJM 2	Este	286,768	123	Av. Miguel Iglesias, Cuadra 8. Zn D Berma central
		Norte	8'654,794		
3	SJM 3	Este	286,795	126	Av. Miguel Iglesias, Cuadra 9. Zn D Berma central
		Norte	8'654,872		
4	SJM 4	Este	286,640	122	Parque Los Laureles, en Av. Julio Bellido con Av. Bernardino Romero. Zn D
		Norte	8'654,682		
5	SJM 5	Este	286,642	122	Parque Los Laureles, en Av. Julio Bellido Cdra. 10 con Av. Bernardino Romero. Zn D
		Norte	8'654,680		
6	SJM 6	Este	286,507	124	Parque 6 de agosto, en Av. Julio Bellido Cdra. 11 con Av. Baltazar Grados Cdra. 7 Zn D
		Norte	8'654,754		
7	SJM 7	Este	286,878	144	Av. Defensores Lima Cdra. 8 Frente a la Notaria Bartra. Berma central
		Norte	8'655,266		
8	SJM 8	Este	286,709	145	Av. Defensores Lima Cdra. 8 (ahora Av. San Francisco) Berma central (casa mayólica azul).
		Norte	8'655,404		
9	SJM 9	Este	286,754	146	Av. Defensores Lima Cdra. 9, (ahora Av. San Francisco) con San Alberto Cdra 1. Berma central (casa mayólica verde)
		Norte	8'655,366		
10	SJM 10	Este	286,694	150	Av. Defensores Lima Cdra. 7 (ahora Av. San Francisco) con calle Las Flores Cda 1. Berma central (casa mayólica marrón).
		Norte	8'655,414		

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 2 : Los árboles de Lima Centro**

LIMA CENTRO					
Congreso/Conaco					
N° de Muestra	Ubicación WGS 1984			Altitud (m)	Referencia
	Nominación		Localización		
11	L 11	Este	279,598	166	Psj. Simón Bolívar Cdra. 1
		Norte	8'667,346		
12	L 12	Este	279,628	167	Psj. Simón Bolívar Cdra. 1
		Norte	8'667,338		
13	L 13	Este	279,845	172	Amazonas Cdra. 4. Dentro de la zona de venta de libros.
		Norte	8'667,712		
14	L 14	Este	279,877	163	Amazonas Cdra. 4. Dentro de la zona de venta de libros.
		Norte	8'667,706		
15	L 15	Este	279,407	164	Av. Ayacucho Cuadra 4 Frontis del Mercado Central.
		Norte	8'667,134		
16	L 16	Este	279,405	161	Av. Ayacucho Cuadra 4 Frontis del Mercado Central.
		Norte	8'667,144		
17	L 17	Este	279,405	171	Parque de la Muralla Av. Amazonas Cdra. 1
		Norte	8'667,686		
18	L 18	Este	279,451	172	Parque de la Muralla Av. Amazonas Cdra. 1
		Norte	8'667,698		
19	L 19	Este	279,092	163	Av. Cuzco Cuadra 4
		Norte	8'666,928		
20	L 20	Este	279,070	162	Av. Cuzco Cuadra 4
		Norte	8'666,972		

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 3 : Los árboles de Lima Este**

LIMA ESTE					
Hospital Hipólito Unanue					
N° de Muestra	Ubicación WGS 1984			Referencia	
	Nominación	Localización	Altitud (m)		
21	EA 21	Este	282,831	219	Av. Cesar Vallejo Cdra. 13 - Berma central Frente al Hosp. Hipólito Unanue
		Norte	8'668,230		
22	EA 22	Este	283,142	224	Av. Cesar Vallejo N° 1530 - Berma Central Frente al Hosp. Hipólito Unanue
		Norte	8'668,258		
23	EA 23	Este	283,275	231	Parque ubicado en Jr. Rio Chepen s/n con Av. Cesar Vallejo Cdra. 16
		Norte	8'668,218		
24	EA 24	Este	283,275	231	Parque ubicado en Jr. Rio Chepen s/n con Av. Cesar Vallejo Cdra. 16
		Norte	8'668,220		
25	EA 25	Este	283,247	228	Av. Guayabos Cdra. 6
		Norte	8'668,436		
26	EA 26	Este	283,248	228	Av. Guayabos Cdra. 6
		Norte	8'668,410		
27	EA 27	Este	282,919	224	Av. Algarrobos Cdra. 3
		Norte	8'668,384		
28	EA 28	Este	282,879	224	Av. Algarrobos Cdra. 3
		Norte	8'668,364		
29	EA 29	Este	282,946	221	Av. Cesar Vallejo Cdra. 13 con Av. Tajacaya Cdra. 1. Berma central - Frente al Hosp. H. Unanue
		Norte	8'668,244		
30	EA 30	Este	283,077	227	Av. Cesar Vallejo Cdra. 14 Berma central - Frente al Hosp. H. Unanue
		Norte	8'668,258		

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 4 : Los árboles de Lima Norte**

LIMA NORTE					
Centro de Salud Laura Rodríguez					
N° de Muestra	Ubicación WGS 1984			Referencia	
	Nominación	Localización	Altitud (m)		
31	LN 31	Este	275,989	108	Parque en Francisco Olazabal cdra. 2 Ref. Av. Guillermo La Fuente cdra. 3
		Norte	8'678,730		
32	LN 32	Este	276,048	109	Parque en Francisco Olazabal cdra. 2 Ref. Av. Guillermo La Fuente cdra. 3
		Norte	8'678,792		
33	LN 33	Este	275,699	107	Parque en M. Gutiérrez cdra. 2 con Av. T. Tagle
		Norte	8'678,650		
34	LN 34	Este	275,720	105	Parque en M. Gutiérrez cdra. 2 con Av. T. Tagle
		Norte	8'678,678		
35	LN 35	Este	276,191	112	Parque con losa deportiva en Av. José María Quiroga cdra. 2 con Trelles cdra. 1
		Norte	8'678,674		
36	LN 36	Este	276,153	113	Parque con losa deportiva en Av. José María Quiroga cdra. 2 con Trelles cdra. 1
		Norte	8'678,688		
37	LN 37	Este	276,414	112	Parque en Av. Las Margaritas cdra. 2
		Norte	8'678,622		
38	LN 38	Este	276,418	112	Parque en Av. Las Margaritas cdra. 2
		Norte	8'678,626		
39	LN 39	Este	276,022	111	Av. Guillermo La Fuente cdra. 2 Berma central
		Norte	8'678,666		
40	LN 40	Este	275,728	110	Av. Guillermo La Fuente cdra. 6 Berma central
		Norte	8'678,918		

Fuente: Elaboración propia

### **5.3. Descripción de los árboles**

Para la selección de los árboles se delimitó un kilómetro alrededor de cada estación de monitoreo de la calidad de aire, dividiéndolo en cuadrantes; se tomaron 10 muestras por cada zona de estación.

En el anexo 2 se muestran los planos de ubicación de los árboles muestreados en cada sector adyacentes a las Estaciones de Monitoreo.

Para la clasificación de los árboles a muestrear se evaluó el DAP (diámetro a la altura del pecho) considerando los árboles a muestrear, sólo aquellos que tengan un valor entre 6 y 30 cm de DAP y una altura entre 0.8 y 6.0 m de alto.

En los siguientes cuadros se describen las características de los árboles muestreados, en cuanto a diámetro (DAP), altura, color, presencia de hojas y la presencia de partículas evidentes depositadas en los tallos y las hojas.

**Tabla 5 : Muestras de árboles de Lima Sur**

LIMA SUR							
Hospital María Auxiliadora							
N° de Mta	Diámetro del Tallo (cm)	Altura Aprox (m)	Hojas (verdes)		Partículas Depositadas		Observaciones
			Color	Cantidad	Tallos	Hojas	
1	16	2.00	claro	frondoso	no	si	El interior de la copa del arbusto tiene capas de partículas sobre la superficie de las hojas
2	18	2.00	oscuro	frondoso	poco	si	El interior de la copa del arbusto tiene capas de partículas sobre la superficie de las hojas
3	15	1.80	oscuro	poco	poco	poco	-.-
4	20	2.50	claro/oscuro	muy frondoso	no	muy poco	El interior de la copa del arbusto tiene capas de partículas sobre la superficie de las hojas
5	20	2.50	oscuro	muy frondoso	poco	si	El interior de la copa del arbusto tiene capas de partículas sobre la superficie de las hojas
6	15	2.50	claro	muy frondoso	poco	si	El interior de la copa del arbusto tiene capas de partículas sobre la superficie de las hojas
7	10	1.40	claro/oscuro	poco	poco	si	Las hojas localizadas cercanas al tallo principal (al interior) tienen
8	6	0.80	oscuro	poco	poco	poco	-.-
9	8	1.70	oscuro	poco	poco	si	-.-
10	7	1.00	oscuro	poco	poco	poco	-.-

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 6 : Muestras de árboles de Lima Centro**

LIMA CENTRO							
Congreso/Conaco							
N° de Mta	Diámetro del Tallo (cm)	Altura Aprox (m)	Hojas (verdes)		Partículas Depositadas		Observaciones
			Color	Cantidad	Tallos	Hojas	
11	13	3.00	verde/crema	frondoso	poco	poco	-.-
12	30	4.50	verde/crema	muy frondoso	poco	si	-.-
13	8	2.50	oscuro	poco	si	si	-.-
14	13	5.00	oscuro	poco	si	si	-.-
15	22	3.00	claro/oscuro	frondoso	poco	poco	El interior de la copa del arbusto tiene capas de partículas sobre la superficie de las hojas
16	20	3.00	oscuro	poco	poco	poco	-.-
17	30	3.00	claro	muy frondoso	poco	poco	-.-
18	22	3.00	verde/crema	muy frondoso	poco	poco	-.-
19	10	1.60	oscuro	poco	si	mucho	-.-
20	12	2.50	oscuro	poco	si	mucho	-.-

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 7 : Muestras de árboles de Lima Este**

LIMA ESTE							
Hospital Hipólito Unanue							
N° de Mta	Diámetro del Tallo (cm)	Altura Aprox (m)	Hojas (verdes)		Partículas Depositadas		Observaciones
			Color	Cantidad	Tallos	Hojas	
21	23	1.80	claro	muy frondoso	poco	poco	.-.
22	11	1.80	claro	frondoso	poco	poco	.-.
23	13	3.30	claro	frondoso	poco	poco	.-.
24	15	4.50	claro/oscuro	frondoso	poco	mucho	.-.
25	25	3.00	oscuro	algo frondoso	poco	mucho	.-.
26	25	6.00	claro/oscuro	muy frondoso	poco	regular	.-.
27	8	2.50	oscuro	poco	poco	regular	.-.
28	10	2.50	oscuro	frondoso	regular	regular	.-.
29	14	2.00	claro/oscuro	frondoso	poco	regular	.-.
30	10	1.60	claro	frondoso	poco	poco	.-.

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 8 : Muestras de árboles de Lima Norte**

LIMA NORTE							
Centro de Salud Laura Rodríguez							
N° de Mta	Diámetro del Tallo (cm)	Altura Aprox (m)	Hojas (verdes)		Partículas Depositadas		Observaciones
			Color	Cantidad	Tallos	Hojas	
31	10	1.50	oscuro	poco	poco	poco	.-.
32	23	2.30	oscuro	casi frondoso	poco	poco	.-.
33	8	1.50	claro	frondoso	no visible	no visible	.-.
34	12	2.00	oscuro	frondoso	poco	poco	.-.
35	16	2.00	oscuro	frondoso	poco	poco	.-.
36	20	1.50	claro	frondoso	poco	poco	.-.
37	18	1.60	claro	frondoso	poco	poco	.-.
38	18	1.60	claro	frondoso	poco	poco	.-.
39	25	1.60	oscuro	frondoso	poco	regular	.-.
40	25	1.80	claro	frondoso	poco	regular	.-.

Fuente: Elaboración propia

## **5.4. Extracción de Muestras**

Para la extracción de muestras se utilizaron los siguientes materiales:

- Bolsas de polipropileno
- Tijera de jardinería
- Guantes de vinil
- Etiquetas
- Plumón indeleble
- Cámara digital
- GPS (sistema de posicionamiento global)
- Cuaderno de notas

### **5.4.1. Procedimiento**

Se tomó 250 gr de hojas, por cada punto de muestreo, que fueron colocados en sus respectivas bolsas siendo posteriormente rotuladas.

### **5.4.2. Transporte y Conservación**

Las bolsas fueron selladas para impedir la pérdida o contaminación de las mismas durante el traslado al laboratorio.

Se conservaron en un sitio fresco y seco hasta el momento de efectuar el proceso analítico.

## **5.5. Determinación de Plomo**

### **5.5.1. Materiales y Reactivos**

- Pipetas volumétricas de 1 ml, 5 ml, 10 ml
- Fiolas aforadas de 100 ml, 500 ml;
- Vasos de precipitado de 250 ml
- Bagueta
- Tubos de ensayo con tapa rosca
- Pinzas
- Gradillas

- Embudos de vidrio
- Plancha de calentamiento
- Papel filtro.
- Agua destilada y desionizada
- Ácido nítrico.

### 5.5.2. Equipos

- Balanza analítica eléctrica de sensibilidad 0.1 mg (Sartorius Kuomat)
- Espectrofotómetro de absorción atómica Perkin Elmer, modelo 3100.
- Condiciones óptimas de trabajo de la lámpara de plomo:
  - *Escala (cm): 10*
  - *Abertura (nm): 0.7*
  - *Longitud de onda (nm): 283.3*
  - *Fuente (Ao): 3.5*
  - *Rango: UV*
  - *Ranura: 5,7*
  - *Llama: aire/acetileno*
  - *Flujo de aspiración de la muestra: 4ml/min.*
  - *Presión de aire: 30 psi*

Para la determinación de la concentración de plomo, se utilizó el Laboratorio de Análisis de Suelos, Aguas y Fertilizantes de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional Agraria la Molina UNALM, donde usan un espectrofotómetro de absorción atómica.

## **5.6. Preparación de las Muestras**

### **5.6.1. Tratamiento preliminar de las muestras**

Como la muestra empleada es materia orgánica: estructuras de plantas se procedió de la siguiente forma:

- a) Se tomó el peso en gramos de una cantidad suficiente de muestra (200 gr).
- b) Se llevó al horno a 60 °C por 48 horas.
- c) Se tomó nuevamente el peso y se calculó el porcentaje de humedad
- d) Se realizó la digestión por ácido nítrico; siendo el procedimiento para cada muestra:

### **5.6.2. Digestión por ácido nítrico**

- a) Se rotularon los vasos precipitados de 250 ml de capacidad, donde se colocó previamente 10 gramos de muestra seca y finamente molida por mortero
- b) Se adicionó 50 ml de agua y 10 ml de HNO<sub>3</sub> concentrado. Manteniéndose homogéneo en una plancha de calentamiento.
- c) Se calentó hasta reducir el volumen en 15 o 20 ml, no dejándose secar completamente la muestra, para luego adicionar 5 ml de HNO<sub>3</sub> concentrado completando la digestión
- d) La digestión finalizó cuando la solución se volvió ligeramente coloreada, con cierta apariencia translúcida
- e) La solución se recogió de las paredes con agua destilada, para posteriormente filtrar la muestra.
- f) El filtrado se colocó en una fiola enrazándose hasta 100 ml para leerse en el equipo de absorción atómica.
- g) El resultado es presentado en ppm.

### **5.6.3. Determinación de Plomo**

La muestra digerida, se leyó en el espectrofotómetro de absorción atómica a 283.3 nm.

#### 5.6.4. Fundamento

La espectrofotometría de absorción atómica se basa en que los átomos de un elemento pueden absorber ciertas radiaciones a longitudes de onda características y diferentes para cada elemento.

Implica la medición de radiaciones absorbidas por los átomos no excitados de una sustancia química que han sido aspirados en una llama. Una fracción o la mayoría de los átomos liberados se excitan mediante la exposición a una fuente de radiación adecuada.

La radiación absorbida por los átomos no excitados se relaciona con la concentración de muestra.

En el anexo 1 se muestran los resultados oficiales de laboratorio.

#### 5.7. Metodología Estadística

Para graficar la tendencia de la presencia promedio del plomo en el aire; según los años de monitoreo registrados en las Estaciones de Monitoreo de la Calidad de Aire (Figuras 4, 7, 10 y 13); se ha hecho uso del Análisis de Regresión Lineal por año de monitoreo.

Esto estará dado por la siguiente ecuación:

$$b = \bar{y} - m\bar{x}$$

Donde:

- y : Promedio anual de plomo en el aire (ppm)
- x : Año de evaluación
- m : pendiente de ecuación
- R<sup>2</sup> : Coeficiente de determinación.

El coeficiente de determinación mide la proporción de variabilidad total de la variable dependiente (Y) respecto a su media que es explicada por el modelo de regresión y es igual al cuadrado del coeficiente de correlación.

$$0 \leq R^2 \leq 1$$

Si  $R^2$  es igual a cero, el modelo no ayuda a estimar la variable independiente, por otro lado si el modelo es igual a 1 el modelo es perfecto

Por otro lado; para relacionar los valores de cantidad de plomo en el aire (ppm) de las cuatro estaciones de monitoreo de la Dirección General de Salud Ambiental con los datos de plomo en los árboles (ppm), en valores absolutos y por sectores de evaluación; se ha hecho uso del análisis de correlación lineal.

El análisis de correlación, es la técnica estadística que permite describir el grado hasta el cual una variable está linealmente relacionada con otra.

Se utilizó la medida del coeficiente de correlación:

$$R = \frac{n(\sum xy) - (\sum x)(\sum y)}{\sqrt{[n(\sum x^2) - (\sum x)^2] [n(\sum y^2) - (\sum y)^2]}}$$

**Tabla 9 : Interpretación del Porcentaje de Correlación**

Porcentaje de correlación	Interpretación
< a 0	No hay correlación
0 y 20 %	Muy baja correlación
20 a 40 %	Baja correlación
40 a 60 %	Media correlación
60 a 80 %	Alta correlación
80 a 100 %	Muy alta correlación

## 6. Resultados

### 6.1. Muestras vegetales

A continuación se señalan los resultados obtenidos en el laboratorio de Pb (ppm) en los árboles muestreados.

**Tabla 10 : Pb (ppm) en muestras vegetales de Lima Sur**

Estación Lima Sur - Hospital María Auxiliadora		
Nº Muestra	Clave - Lab	Pb (ppm)
1	4116	9.07
2	4117	16.78
3	4118	11.72
4	4119	9.60
5	4120	7.22
6	4121	14.85
7	4122	18.55
8	4123	10.28
9	4124	5.85
10	4125	11.20

Fuente: Resultados de Laboratorio 2011

**Tabla 11 : Pb (ppm) en muestras vegetales de Lima Centro**

Estación Lima Centro - Lima - Congreso/Conaco		
Nº Muestra	Clave - Lab	Pb (ppm)
11	4126	55.49
12	4127	30.85
13	4128	77.78
14	4129	114.60
15	4130	72.60
16	4131	22.85
17	4132	24.88
18	4133	23.48
19	4134	57.90
20	4135	69.28

Fuente: Resultados de Laboratorio 2011

**Tabla 12 : Pb (ppm) en muestras vegetales de Lima Este**

Estación Lima Este - Hospital Hipólito Unanue		
Nº Muestra	Clave - Lab	Pb (ppm)
21	4136	35.20
22	4137	40.75
23	4138	38.18
24	4139	33.30
25	4140	17.73
26	4141	25.14
27	4142	125.48
28	4143	134.65
29	4144	33.20
30	4145	23.52

Fuente: Resultados de Laboratorio 2011

**Tabla 13 : Pb (ppm) en muestras vegetales de Lima Norte**

Estación Lima Norte - Centro de Salud Laura Rodríguez		
Nº Muestra	Clave - Lab	Pb (ppm)
31	4146	37.35
32	4147	47.82
33	4148	49.28
34	4149	45.95
35	4150	93.58
36	4151	78.48
37	4152	50.20
38	4153	52.42
39	4154	61.22
40	4155	32.99

Fuente: Resultados de Laboratorio 2011

**6.2. Calidad de Aire**

Los resultados de los Promedios Anuales del Programa Nacional de Vigilancia Sanitaria de Calidad del Aire Lima – Callao disponibles en el portal de la Dirección General de Salud Ambiental del Ministerio de Salud en ppm se muestran en la tabla 14.

Es importante señalar que los datos presentados en DIGESA se encuentran en  $\text{ug}/\text{m}^3$ . Para efectos del análisis se ha procedido a hacer la conversión de estos datos a partes por millón, considerando que los datos presentados por DIGESA se encuentran en condiciones normales de presión y temperatura; es decir a 1 atmosfera de presión y 20 °C.

**Tabla 14 : Pb en el Aire (PM10) en las Estaciones Digesa 2005 – 2007<sup>2</sup>**

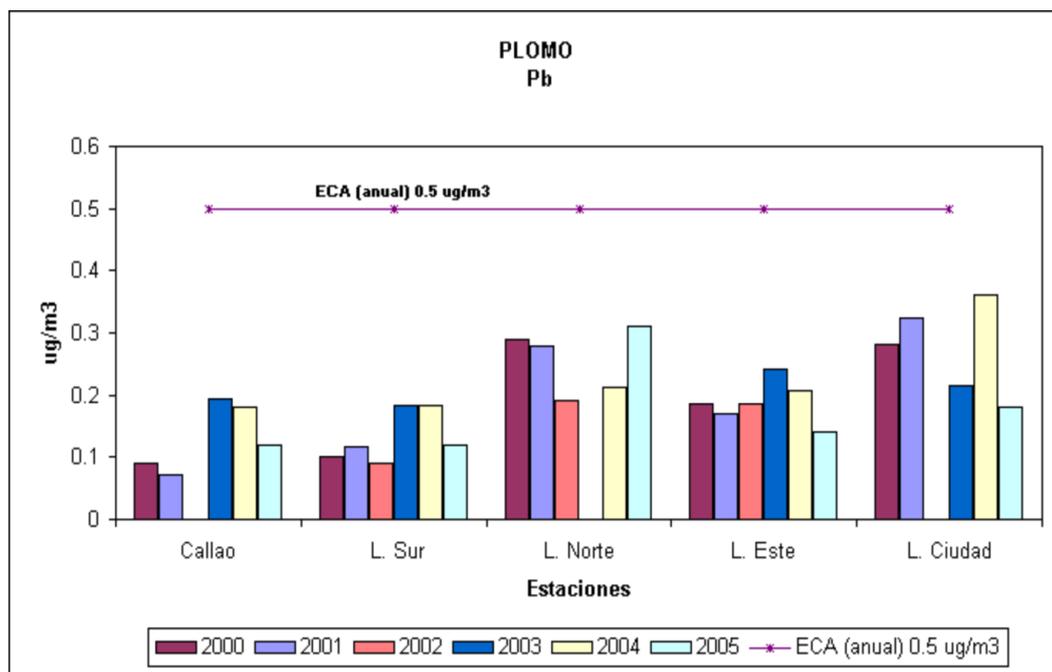
Ubicación Año	2000 Pb (ppm)	2001 Pb (ppm)	2002 Pb (ppm)	2003 Pb (ppm)	2004 Pb (ppm)	2005 Pb (ppm)	2006 Pb (ppm)	2007 Pb (ppm)	Promedio (ppm)
Hosp. María Auxiliadora - L. Sur	11.601	13.457	10.441	21.346	21.114	13.921	- . -	14.269	15.197
C.S. LAURA Rodríguez - L. Norte	33.643	32.367	22.274	- . -	24.710	35.963	- . -	35.267	30.742
Hosp. Hipólito Unanue - L. Este	21.694	19.722	21.578	28.074	24.130	16.241	- . -	23.434	22.158
Conaco - L. Ciudad	32.599	37.587	- . -	24.826	41.995	20.882	- . -	25.290	30.510

Fuente: Programa de Vigilancia de la Calidad de Aire de Lima y Callao Dirección General de Salud Ambiental – Ministerio de Salud.

A pesar que no es objetivo del presente estudio, a manera de referencia se señala que los resultados de los promedios anuales de la concentración de plomo en el aire, se encuentran por debajo de los estándares nacionales de calidad ambiental señalados por la legislación peruana a través del DS N° 069-2003-PCM, que para el caso del plomo indica un valor límite menor a  $0.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  anual; lo que se puede apreciar en la figura 1.

Es importante señalar que en los años indicados en la tabla, para determinar el plomo en el aire se utilizó el método de PM10 y la espectrofotometría de absorción atómica; según señalado en el DS N° 074-2001-PCM y el DS N° 069-2003-PCM.

<sup>2</sup> Método de PM10 y la espectrofotometría de absorción atómica



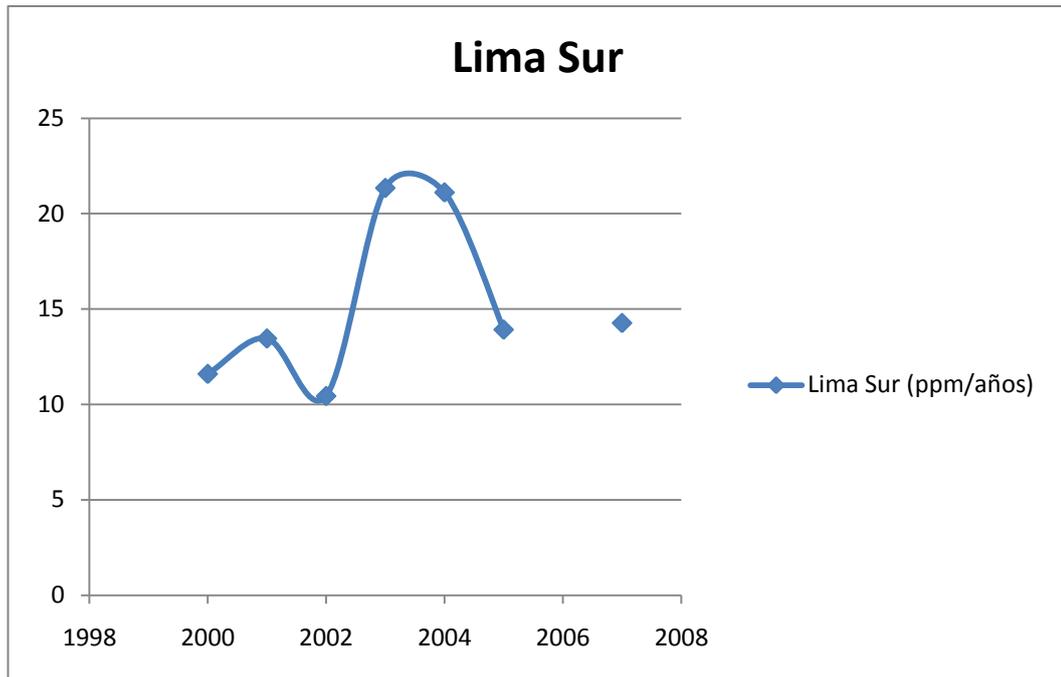
Fuente: DIGESA. Programa de Vigilancia de la Calidad de Aire de Lima y Callao Dirección General de Salud Ambiental – Ministerio de Salud <sup>(20)</sup>

**Figura 1 : Pb en el Aire/Años (PM10)<sup>3</sup> y ECA de aire.**

**Figura 1:** Promedios anuales de concentración de plomo (ppm) en el aire registrado en las estaciones de monitoreo de calidad de aire de DIGESA y estándar nacional de calidad ambiental señalado por la legislación peruana a través del DS N° 074-2001-PCM y el DS N° 069-2003-PCM.

En las siguientes figuras se esquematizan los valores promedios de concentración de plomo en promedios anuales por año, datos que fueron registrados por las cuatro estaciones de Monitoreo de la Calidad de Aire de la Ciudad de Lima.

<sup>3</sup> Método de PM10 y la espectrofotometría de absorción atómica



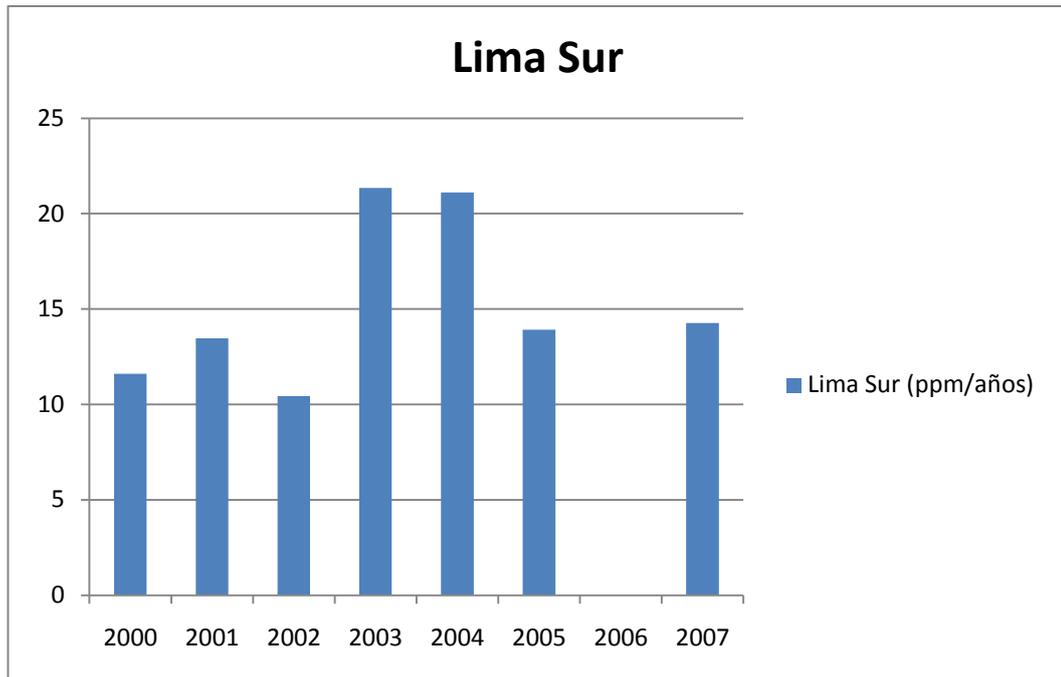
**Figura 2 : Plomo en el Aire/Años (PM10) – Estación Lima Sur (ppm)<sup>4</sup>**

**Figura 2:** Promedios anuales de concentración de plomo (ppm) en el aire registrado en la Estación de Monitoreo de Aire de Lima Sur, ubicada en el Hospital “María Auxiliadora”.

Se registran datos entre los años 2000 al 2005 y en el año 2007.

Es importante señalar que en el año 2006 las Estación de Monitoreo no registró datos de plomo en el aire.

<sup>4</sup> Método de PM10 y la espectrofotometría de absorción atómica



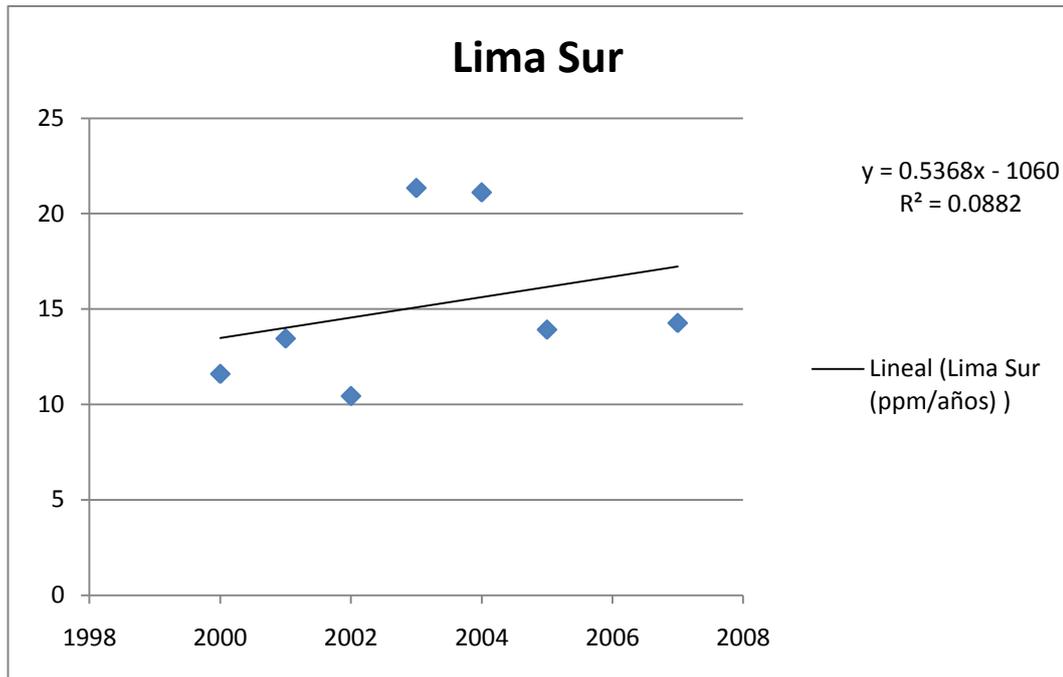
**Figura 3 : Plomo en el Aire/Años (PM10) – Estación Lima Sur (ppm)<sup>5</sup>**

**Figura 3:** Diagrama de barras de los resultados de los promedios anuales de plomo (ppm) en el aire registrado en la Estación de Monitoreo de Aire de Lima Sur.

En el año 2006, la Estación de Monitoreo de Lima Sur, no registró datos de contaminación por plomo en el aire.

Se puede apreciar que en el año 2003 el promedio anual de contaminación ambiental por plomo en el aire fue el más alto de los datos registrados y el año 2002 el promedio de plomo en el aire fue el nivel más bajo registrado en la mencionada Estación de Monitoreo.

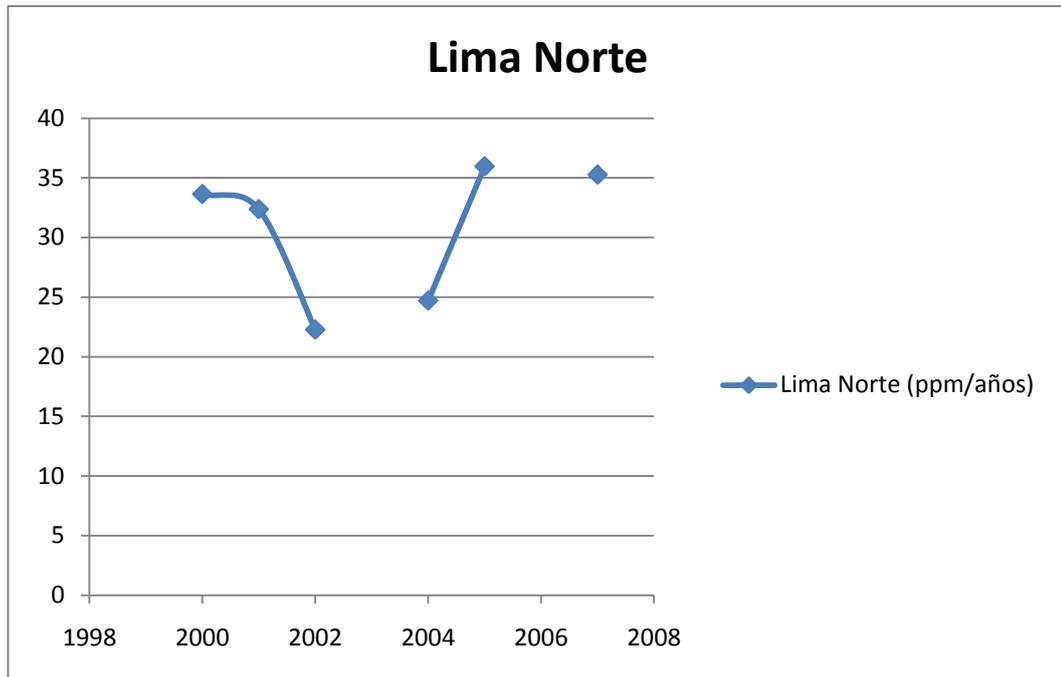
<sup>5</sup> Método de PM10 y la espectrofotometría de absorción atómica



**Figura 4 :**      **Análisis de Regresión Lineal de Plomo en el Aire/Años (PM10)– Estación Lima Sur (ppm)**

**Figura 4:** Tendencia de la presencia de plomo atmosférico en la Estación de Monitoreo de Calidad de Aire de Lima Sur, para lo cual se hizo uso del análisis de regresión lineal.

Se aprecia una tendencia positiva, entre los años monitoreados.



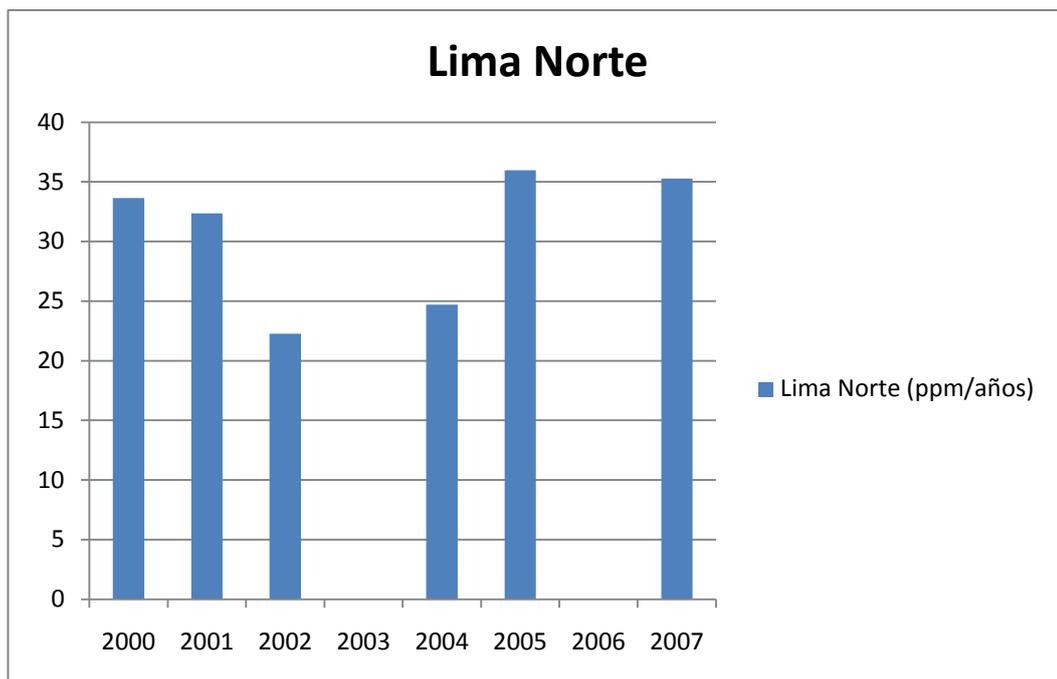
**Figura 5 : Plomo en el Aire/Años (PM10) – Estación Lima Norte (ppm)<sup>6</sup>**

**Figura 5:** Resultados de los promedios anuales de concentración de plomo (ppm) en el aire registrado en la Estación de Monitoreo de Aire de Lima Norte, ubicada en el Centro de Salud Laura Rodríguez

Se registran datos de los años 2000, 2001, 2002, 2004, 2005 y 2007.

Es importante señalar que en los años 2002 y 2006 la Estación de Monitoreo no registró datos de plomo en el aire.

<sup>6</sup> Método de PM10 y la espectrofotometría de absorción atómica



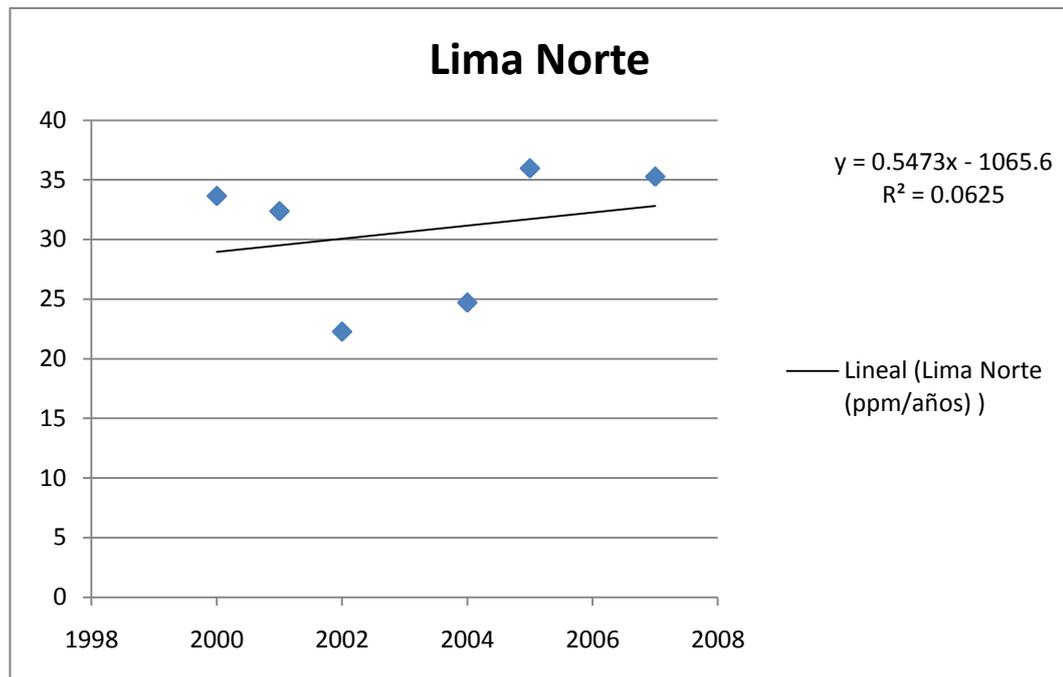
**Figura 6 : Plomo en el Aire/Años (PM10) – Estación Lima Norte<sup>7</sup>**

**Figura 6:** Diagrama de barras de los resultados de los promedios anuales de plomo (ppm) en el aire registrado en la Estación de Monitoreo de Aire de Lima Norte.

En los años 2003 y 2006, la Estación de Monitoreo de Lima Norte, no registró datos de contaminación por plomo en el aire.

Se puede apreciar que en el año 2005, el promedio anual de contaminación ambiental por plomo en el aire fue el más alto de los datos registrados y el año 2002 el promedio de plomo en el aire fue el nivel más bajo registrado en Lima Norte.

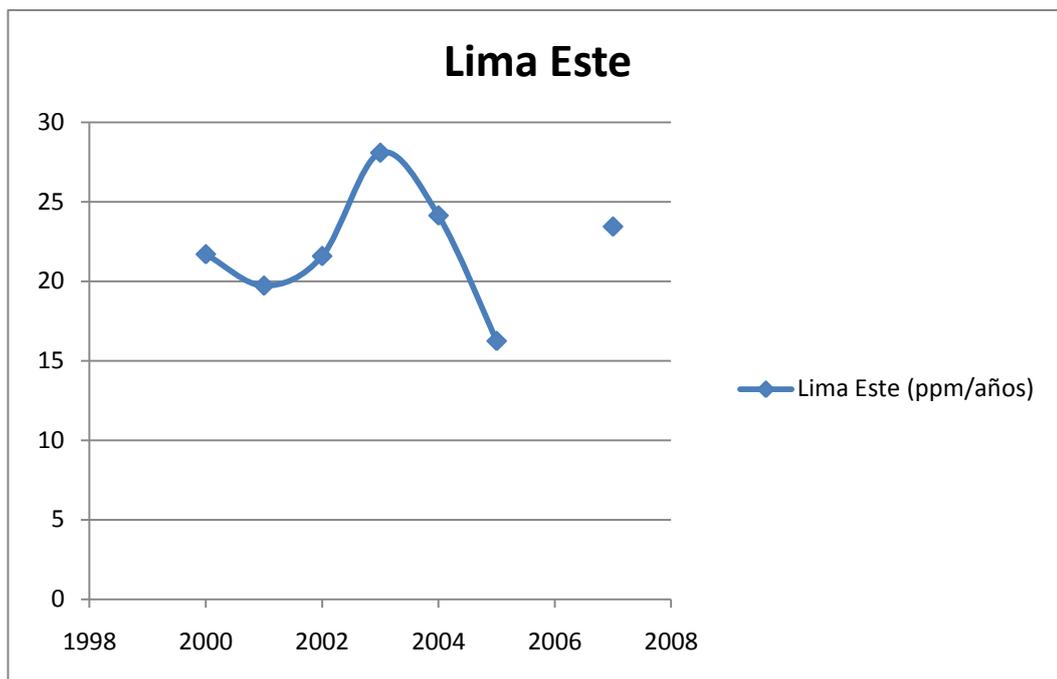
<sup>7</sup> Método de PM10 y la espectrofotometría de absorción atómica



**Figura 7 : Analisis de Regresión Lineal de Plomo en el Aire/Años (PM10) – Estación Lima Norte**

**Figura 7:** Tendencia de la presencia de plomo atmosférico en la Estación de Monitoreo de Calidad de Aire de Lima Norte, para lo cual se hizo uso del análisis de regresión lineal.

Se aprecia una tendencia positiva, entre los años monitoreados.



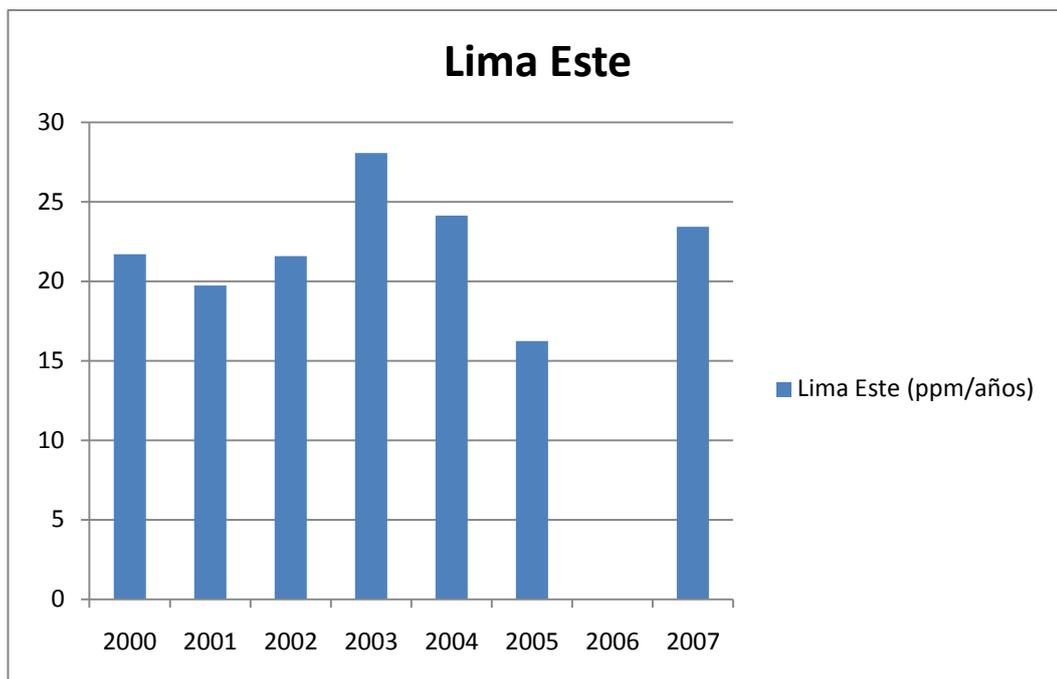
**Figura 8 : Plomo en el Aire/Años (PM10)– Estación Lima Este (ppm)<sup>8</sup>**

**Figura 8:** Resultados de los promedios anuales de concentración de plomo (ppm) en el aire registrado en la Estación de Monitoreo de Aire de Lima Este, ubicada en el Hospital Hipólito Unanue.

Se registran datos entre los años 2000 al 2005 y en el año 2007.

Es importante señalar que en el año 2006 la Estación de Monitoreo no registró datos de plomo en el aire.

<sup>8</sup> Método de PM10 y la espectrofotometría de absorción atómica



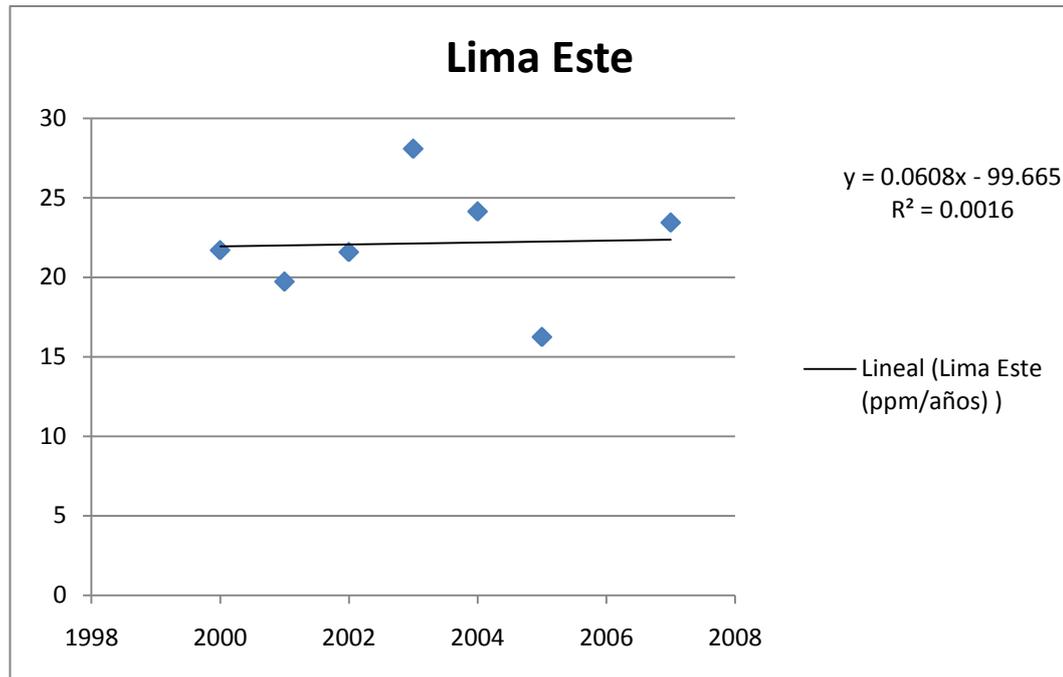
**Figura 9 : Plomo en el Aire/Años (PM10) – Estación Lima Este (ppm)<sup>9</sup>**

**Figura 9:** Diagrama de barras de los resultados de los promedios anuales de plomo (ppm) en el aire registrado en la Estación de Monitoreo de Aire de Lima Este.

En el año 2006, la Estación de Monitoreo de Lima Este, no registró datos de contaminación por plomo en el aire.

Se puede apreciar que en el año 2003 el promedio anual de contaminación ambiental por plomo en el aire fue el más alto de los datos registrados y el año 2005 el promedio de plomo en el aire fue el nivel más bajo registrado en Lima Este.

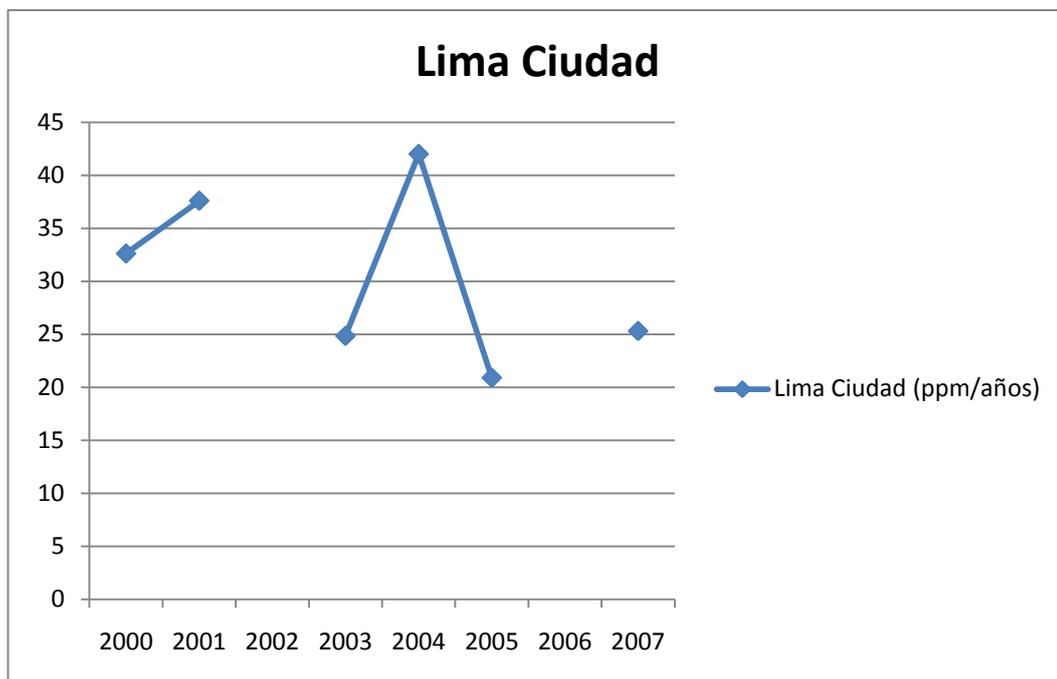
<sup>9</sup> Método de PM10 y la espectrofotometría de absorción atómica



**Figura 10 :** Análisis de Regresión Lineal de Plomo en el Aire/Años (PM10) – Estación Lima Este

**Figura 10:** Tendencia de la presencia de plomo atmosférico en la Estación de Monitoreo de Calidad de Aire de Lima Este, para lo cual se hizo uso del análisis de regresión lineal.

Se aprecia una tendencia ligeramente positiva, entre los años monitoreados.



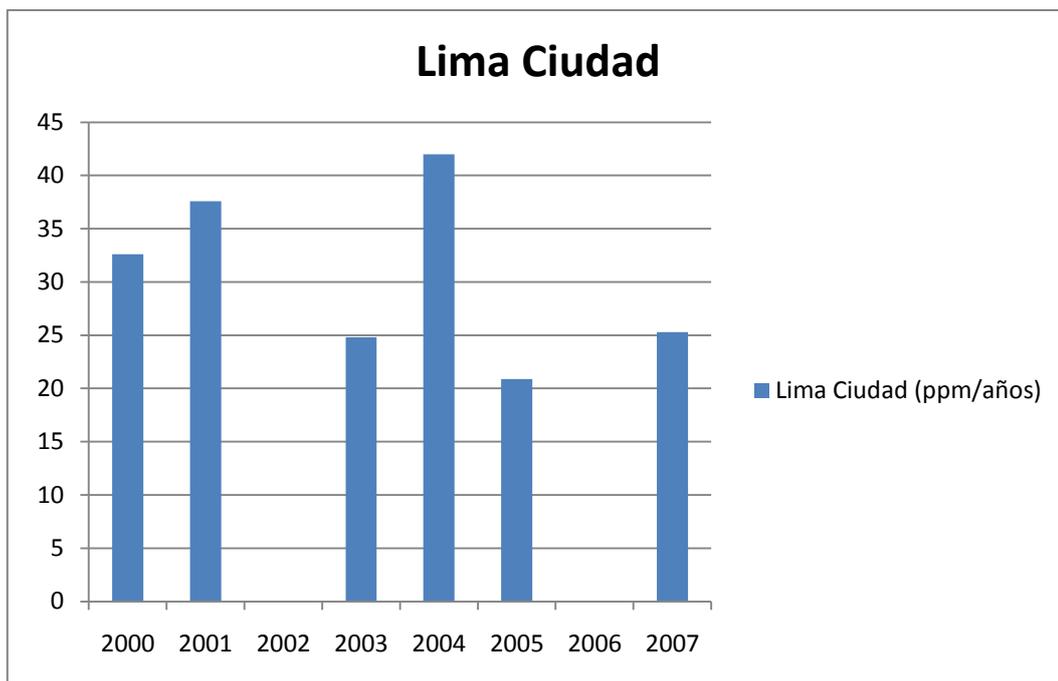
**Figura 11 : Plomo en el Aire/Años (PM10) – Estación Lima Centro (ppm)<sup>10</sup>**

**Figura 11:** Resultados de los promedios anuales de concentración de plomo (ppm) en el aire registrado en la Estación de Monitoreo de Aire de Lima Centro o Lima Ciudad, denominada también “Congreso” o “Conaco”.

Se registran datos de los años 2000, 2001, 2003, 2004, 2005 y 2007.

Es importante señalar que en los años 2002 y 2006 la Estación de Monitoreo no registró datos de plomo en el aire.

<sup>10</sup> Método de PM10 y la espectrofotometría de absorción atómica



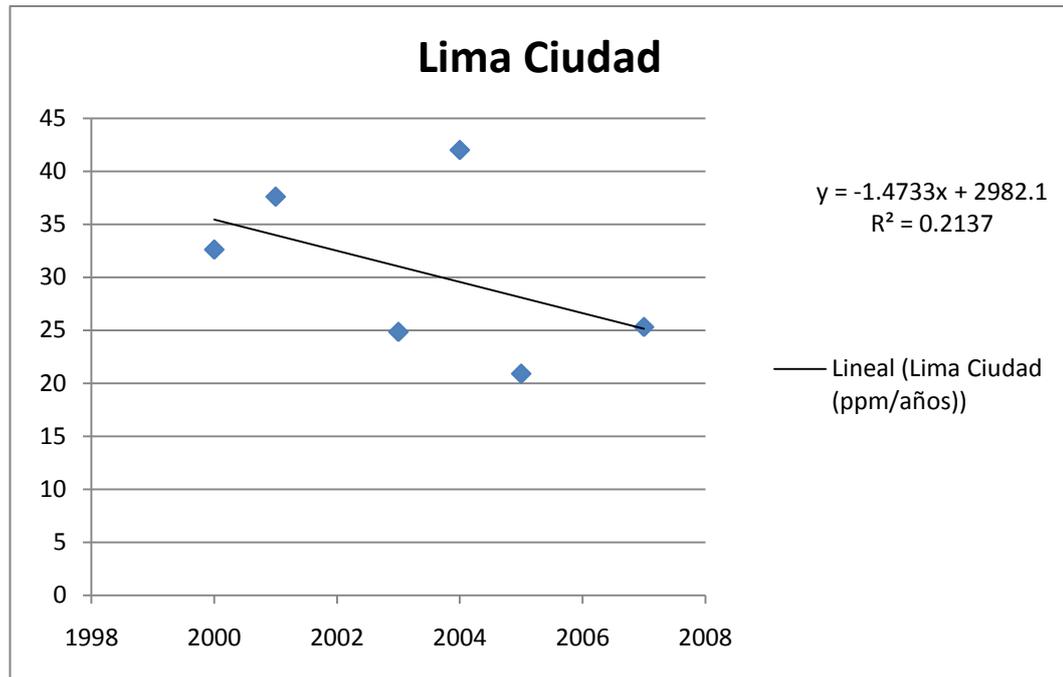
**Figura 12 : Plomo en el Aire/Años (PM10) – Estación Lima Centro (ppm)<sup>11</sup>**

**Figura 12:** Diagrama de barras de los resultados de los promedios anuales de plomo (ppm) en el aire registrado en la Estación de Monitoreo de Aire de Lima Ciudad o Lima Centro.

En los años 2002 y 2006, la Estación de Monitoreo de Lima Centro o Lima Ciudad, no registró datos de contaminación por plomo en el aire.

Se puede apreciar que en el año 2004 el promedio anual de contaminación ambiental por plomo en el aire fue el más alto de los datos registrados y el año 2005 el promedio de plomo en el aire fue el nivel más bajo registrado en Lima Ciudad o Lima Centro.

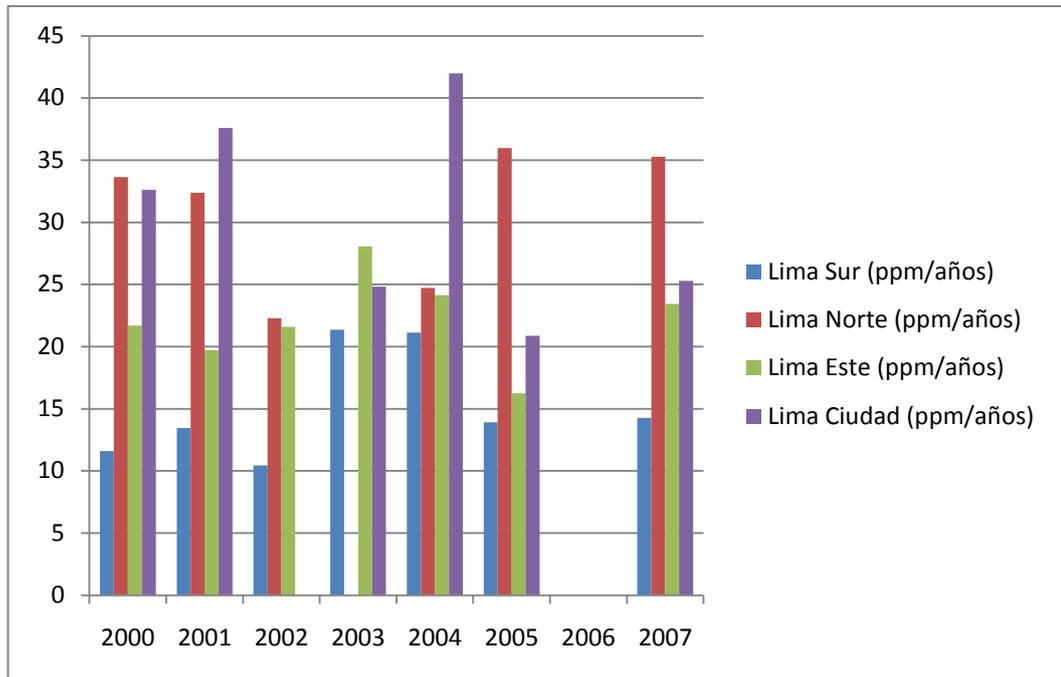
<sup>11</sup> Método de PM10 y la espectrofotometría de absorción atómica



**Figura 13 :** Análisis de Regresión Lineal de Plomo en el Aire/Años (PM10) – Estación Lima Centro (ppm)

**Figura 13:** Tendencia de la presencia de plomo atmosférico en la Estación de Monitoreo de Calidad de Aire de Lima Ciudad o Lima Centro, para lo cual se hizo uso del análisis de regresión lineal.

Se aprecia una tendencia negativa, entre los años monitoreados.



**Figura 14 :** Plomo en el Aire/Años (PM10) – Cuatro Estaciones (ppm)

**Figura 14:** Diagrama de barras de los resultados de los promedios anuales de plomo (ppm) en el aire, registrado en las cuatro Estaciones de Monitoreo de la Calidad de Aire de la Provincia de Lima.

Se puede apreciar que los registros más altos están ubicados en la Estación de Monitoreo de Lima Ciudad o Lima Centro, mientras que los resultados de los promedios anuales de plomo (ppm) más bajos se encuentran registrados en la Estación de Monitoreo de la Calidad de Aire de Lima Sur.

El mayor valor de concentración anual promedio de plomo en el aire ha sido registrado en el año 2004 en la Estación de Monitoreo de Lima Ciudad, mientras que el valor más bajo fue registrado en la Estación de Monitoreo de Lima Sur en el año 2002.

}

**Tabla 15 : Resultados de Pb en el Árboles (ppm)**

Estación Lima Sur - Hospital María Auxiliadora			Estación Lima Centro - Lima - Congreso/Conaco			Estación Lima Este - Hospital Hipólito Unanue			Estación Lima Norte - Centro de Salud Laura Rodríguez		
N° Muestra	Clave - Lab	Pb (ppm)	N° Muestra	Clave - Lab	Pb (ppm)	N° Muestra	Clave - Lab	Pb (ppm)	N° Muestra	Clave - Lab	Pb (ppm)
1	4116	9.07	11	4126	55.49	21	4136	35.20	31	4146	37.35
2	4117	16.78	12	4127	30.85	22	4137	40.75	32	4147	47.82
3	4118	11.72	13	4128	77.78	23	4138	38.18	33	4148	49.28
4	4119	9.60	14	4129	114.60	24	4139	33.30	34	4149	45.95
5	4120	7.22	15	4130	72.60	25	4140	17.73	35	4150	93.58
6	4121	14.85	16	4131	22.85	26	4141	25.14	36	4151	78.48
7	4122	18.55	17	4132	24.88	27	4142	125.48	37	4152	50.20
8	4123	10.28	18	4133	23.48	28	4143	134.65	38	4153	52.42
9	4124	5.85	19	4134	57.90	29	4144	33.20	39	4154	61.22
10	4125	11.20	20	4135	69.28	30	4145	23.52	40	4155	32.99
Promedio		11.51	Promedio		54.97	Promedio		50.72	Promedio		54.93

Fuente: Resultados de Laboratorio 2011

En la Tabla 15 se muestran los resultados del análisis foliar de la presencia de plomo en los tejidos parenquimatosos de los árboles ubicados en los cuatro sectores adyacentes a las Estaciones de Monitoreo de Calidad de Aire de la Ciudad de Lima.

**Tabla 16 : Pb en Aire PM10 (ppm) y Pb en Árboles (ppm)**

Lugar / Pb	Promedio en el Aire Pb (ppm)	Promedio en los árboles Pb (ppm)
Hosp. María Auxiliadora - L. Sur	15.197	11.510
Hosp. Hipólito Unanue - L. Este	22.158	50.720
Conaco - L. Ciudad	30.510	54.970
C.S. Laura Rodríguez - L. Norte	30.742	54.930

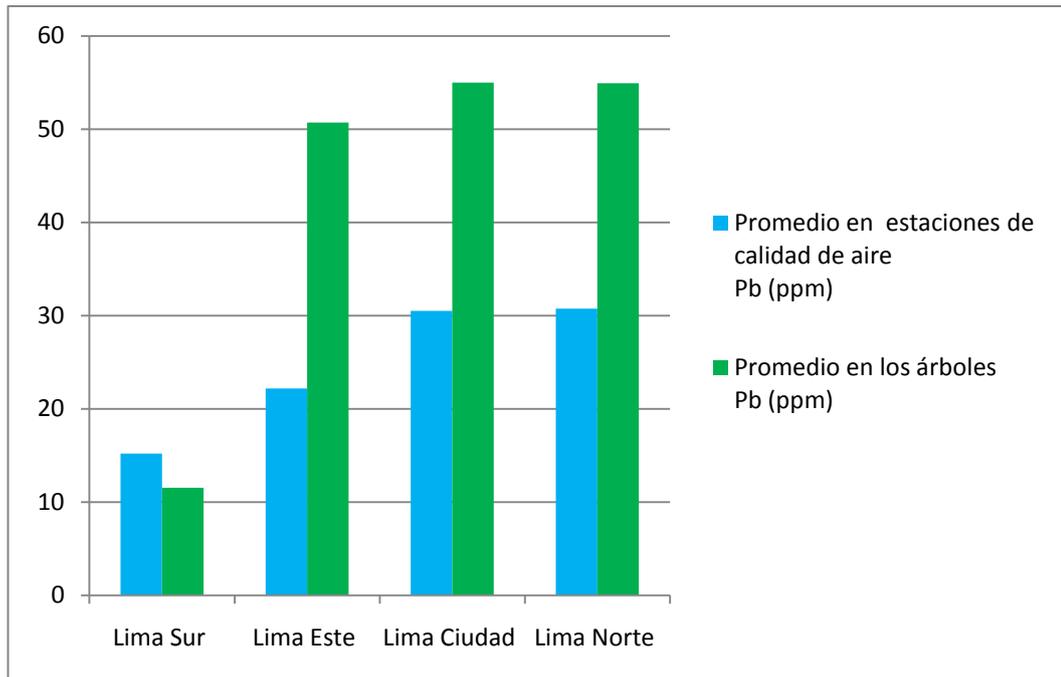
Fuente: Resultados de Laboratorio 2011 y DIGESA

En la primera columna de la Tabla 16, se muestra los resultados de los Promedios Anuales del Programa Nacional de Vigilancia Sanitaria de Calidad del Aire Lima – Callao de las Cuatro Estaciones de Monitoreo de Calidad de Aire de Lima Ciudad.

En la segunda columna de la Tabla 16 se muestra el promedio de concentración de plomo (ppm) obtenido en el laboratorio y como resultado del análisis de los tejidos parenquimatosos de los árboles adyacentes a las cuatro Estaciones de Monitoreo de la calidad de aire de la ciudad de Lima.

Al comparar los datos de concentración promedio de plomo en el aire (PM10) de las cuatro Estaciones de Monitoreo de Calidad de Aire (ppm), con los datos promedios de concentración de plomo en los árboles (ppm) en valores absolutos, obtenemos un coeficiente de correlación de 0.891.

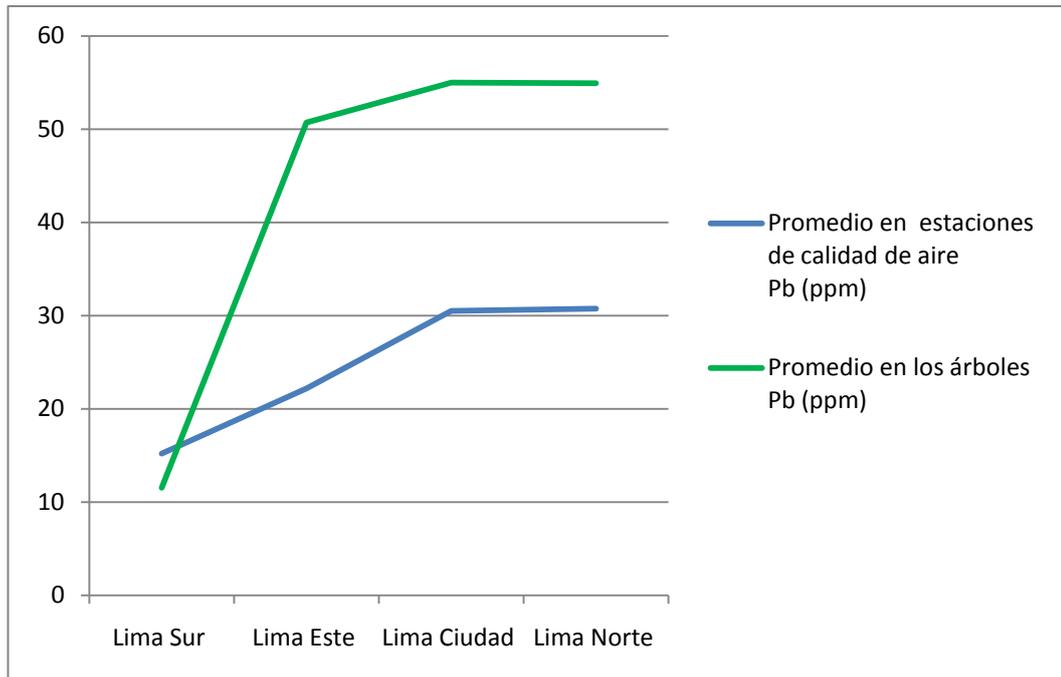
Es decir que existe una correlación del 89%, entre ambas variables, lo que se puede evidenciar en los siguientes gráficos:



**Figura 15 :** Concentración Promedio Anual de Plomo en Aire por el método de PM10 (ppm) y Promedios de Plomo en Árboles (ppm)

**Figura 15:** Comparación entre la concentración promedio anual de plomo en el aire, con la concentración promedio de plomo obtenida en el laboratorio del análisis de los árboles adyacentes a cada una de las cuatro Estaciones de Monitoreo.

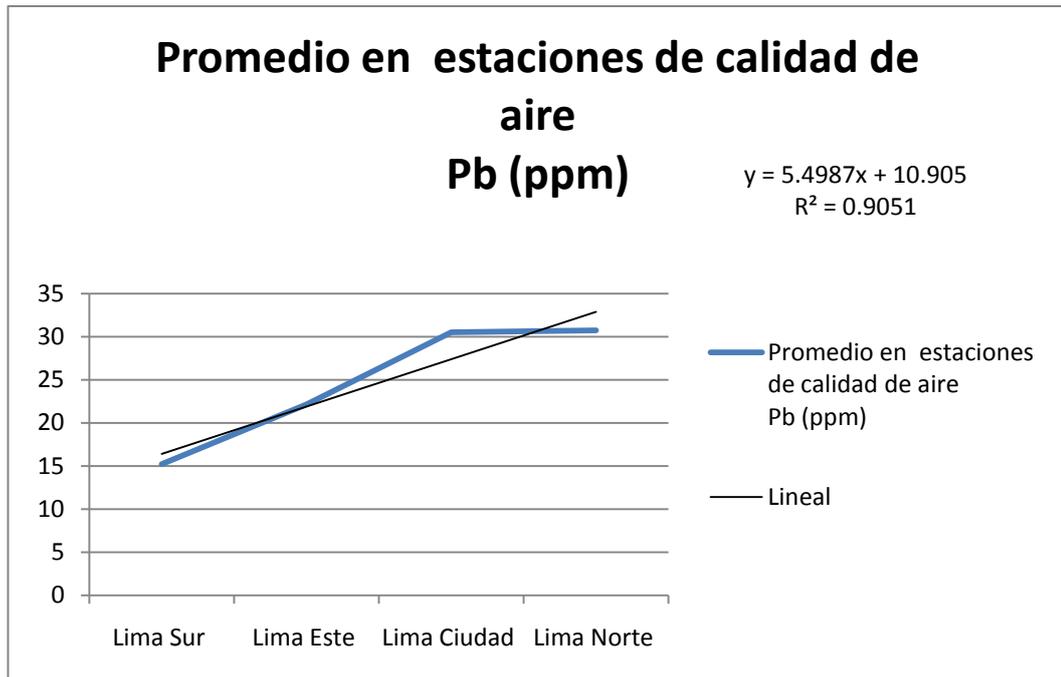
Se puede apreciar que la comparación en valores absolutos, indica que se mantiene la proporción en los cuatro sectores.



**Figura 16 : Comparativo de Plomo en el Aire método PM10 (ppm) y Promedio de Plomo en los Árboles (ppm) en los Cuatro Sectores de Evaluación**

**Figura 16:** Comparativo de la concentración promedio anual de plomo en el aire, con la concentración promedio de plomo obtenida en el laboratorio, del análisis de los árboles adyacentes a cada una de las cuatro Estaciones de Monitoreo, en valores absolutos.

Se aprecia la relación existente entre el promedio de plomo en el aire y el promedio de plomo en los árboles, obtenidos en las 4 zonas evaluadas de la ciudad de Lima.

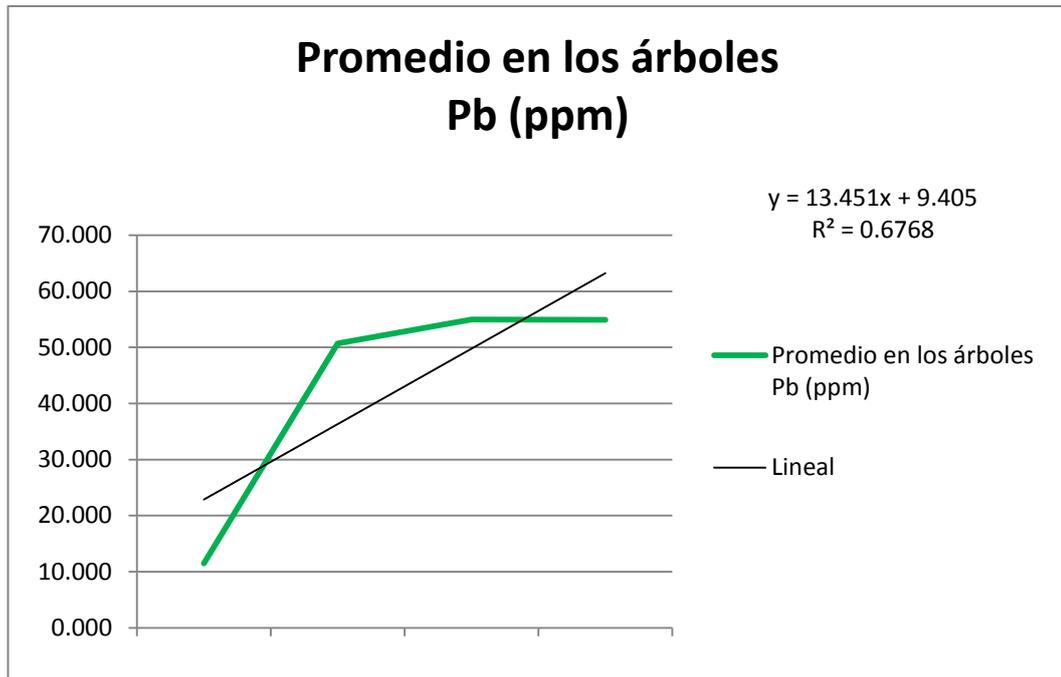


**Figura 17 : Análisis de Regresión Lineal del promedio de Plomo en el Aire (PM10), en las 4 estaciones (ppm)**

**Figura 17:** Tendencia de la presencia promedio de plomo atmosférico en las 4 Estaciones de Monitoreo de Calidad de Aire de Lima, para lo cual se hizo uso del análisis de regresión lineal.

Se ha ordenado los datos de manera creciente, en base a la tabla 16 y se ha estimado la línea de tendencia cuya ecuación se aprecia en la propia figura 17.

El coeficiente de determinación ( $R^2$ ) tiene un valor de 0.9051, con lo que se aprecia que el modelo presentado en la línea de tendencia ayuda a predecir la estimación de los valores promedios de plomo en el aire en las 4 estaciones de monitoreo de la calidad de aire.

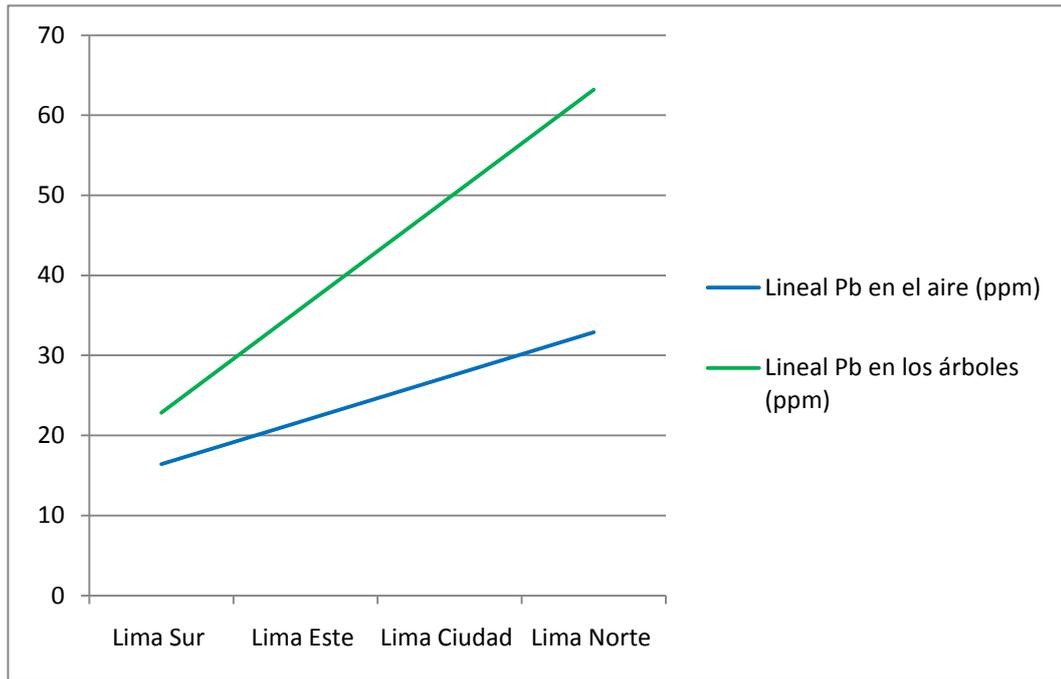


**Figura 18 :** Análisis de Regresión Lineal del promedio de Plomo en los árboles, en las 4 zonas de la ciudad de Lima (ppm)

**Figura 18:** Tendencia de la presencia de plomo atmosférico de los árboles de las 4 zonas adyacentes a las Estaciones de Monitoreo de Calidad de Aire de Lima, para lo cual se hizo uso del análisis de regresión lineal.

Los datos son aquellos presentados en la tabla 16 y se ha estimado la línea de tendencia cuya ecuación se aprecia en la propia figura 18.

El coeficiente de determinación ( $R^2$ ) tiene un valor de 0.6768, con lo que se aprecia que el modelo presentado en la línea de tendencia ayuda a predecir la estimación de los valores promedios de plomo en los árboles en las 4 zonas evaluadas de la ciudad de Lima.



**Figura 19 :** Comparativo de las líneas de tendencia de los análisis de regresión lineal del promedio de plomo en el aire (PM10), en las 4 zonas de la ciudad de Lima (ppm) con los resultados de laboratorio (ppm)

**Figura 19:** Comparativo de las líneas de tendencia de los análisis de regresión lineal del promedio de plomo atmosférico en las 4 Estaciones de Monitoreo de Calidad de Aire de Lima y de la presencia de plomo atmosférico en las 4 zonas adyacentes a las Estaciones de Monitoreo de Calidad de Aire de Lima.

## 7. Discusión

Los resultados obtenidos de la cantidad de plomo (ppm) contenido en los tejidos parenquimatosos de los árboles de la especie *Ficus nítida*, ubicados en cuatro zonas de la provincia de Lima, comparados, en valores absolutos, con los promedios anuales de plomo atmosférico en el aire, obtenidos por el método del PM10 y cuyos valores se muestran en ppm, en las Estaciones de Monitoreo de DIGESA, demuestran que existe una alta correlación de dichos valores (89 %) en las cuatro zonas de muestreo; lo que también se puede apreciar gráficamente en la Figura 15.

Los resultados indican que en Lima Centro o Lima Ciudad, la cantidad de plomo contenido en los tejidos de los árboles fue la mayor, representada por un valor promedio de 54.97 ppm; seguida de Lima Norte, con un valor promedio de 54.93 ppm, Lima Este evidencia un promedio de 50.72 ppm; y finalmente en Lima Sur se ha obtenido un valor promedio de 11.51 ppm. Por su parte los valores promedios anuales de plomo atmosférico en el aire en las 4 Estaciones de Monitoreo de DIGESA fueron de 30.742 ppm en Lima Norte; 30.510 ppm en Lima Ciudad, valor muy cercano al registrado en Lima Norte; en Lima Este se obtuvo un valor de 22.158 ppm y finalmente 15.197 ppm en Lima Sur. Se puede observar que, en valores absolutos, los datos obtenidos guardan una estrecha relación.

Investigaciones similares; como las de Kurcsczynska (1997); analizando químicamente las hojas del *Pinus silvestris L.* comúnmente llamado “pino escocés”, señalan que el monitoreo de estos tejidos ha sido muy utilizado en los estudios como bioindicadores y que las altas concentraciones de los metales pesados encontradas en ellos indican contaminación de aire y el suelo con esos elementos.

A pesar de esto; Kurcsczynska, señala que una muy alta concentración de metales pesados puede reducir el crecimiento y el desarrollo de las plantas, en casos extremos puede llegar a ocasionarle su muerte

Según Piechalak (2002), las plantas podrían ser utilizadas para fitoextracción, rizofiltración y/o fitoestabilización de metales pesados.

Hay que considerar la cantidad de plomo que potencialmente podrían acumular las plantas instaladas en la ciudad de Lima. Con relación a la cantidad de metales pesados que podrían acumular los diferentes órganos de las plantas, Piechalak señala que las raíces proporcionan la ruta principal para la penetración de iones de metales pesados. Señala que las raíces pueden absorber de 3 a 50 veces más plomo que las hojas y evidencia que en las plantas examinadas se observaron algunos cambios desfavorables en el aspecto de las raíces tratadas con Pb, por ejemplo el cambio de color a marrón oscuro, la reducción en número de las raíces absorbentes, la inhibición del crecimiento, y en general una disminución en el crecimiento de la biomasa. Por esto; se deberá considerar estos temas al desarrollar planes de revegetación en áreas contaminadas de la ciudad de Lima.

Por otro lado, y tal como se ha podido apreciar en la bibliografía citada, el plomo es un toxico que produce múltiples enfermedades, incluyendo retraso en el crecimiento, disminución de audición y daño a los nervios periféricos en niños; en adultos con exposiciones mayores produce daño a los riñones, aumento de presión arterial; infertilidad en hombres, anemia y en niveles altos de plomo en la sangre puede producir demencia aguda e incluso la muerte.

Es importante señalar que el haber eliminado el plomo de la gasolina no excluye los riesgos asociados a la exposición a otros insumos que contienen plomo e incidir sobre las medidas a tomar para mitigar y reducir la exposición poblacional derivado del uso industrial de plomo. De particular importancia es el uso de plomo en pinturas y baterías, y en los alimentos preparados en ollas con barnices que utilizan plomo para la cerámica, por lo que se requiere una evaluación más precisa de la contribución de estas otras fuentes de plomo a esta problemática, ya que se necesita obtener más información al respecto.

La generación de información precisa y comprobada se convertirá en un punto de partida para sensibilizar a la población de la importancia de realizar nuevos estudios e inversiones sobre medidas de evaluación, vigilancia y prevención de

la exposición poblacional y posible contaminación por plomo, siendo la intoxicación con plomo una enfermedad prevenible.

Por todo lo señalado; se demuestra que el monitoreo del análisis foliar es un procedimiento válido para determinar el grado de contaminación ambiental por el plomo atmosférico y se afirma la hipótesis planteada la cual indica que a través de la instalación de áreas verdes urbanas; especialmente árboles, se puede mitigar la contaminación ambiental por la acción de bio-acumulación de metales pesados, en este caso el plomo.

## 8. Conclusiones

- 8.1. Los resultados demuestran que el monitoreo del análisis foliar es un procedimiento válido y una valiosa fuente de información para determinar el grado de contaminación ambiental por plomo atmosférico en la ciudad de Lima y evidencia que los árboles son eficientes bioacumuladores de plomo en sus tejidos.
- 8.2. Existe una correlación del 89 %, es decir una alta correlación, entre la cantidad de plomo contenido en los tejidos de los árboles de la especie forestal *Ficus nitida*, con los valores de plomo atmosférico registrado en las 4 Estaciones de la Red de Vigilancia de Calidad de Aire de Lima de la Dirección General de Salud Ambiental Lima del Ministerio de Salud.
- 8.3. Con relación a los valores promedios de concentración de plomo obtenidos en el laboratorio, provenientes de los árboles ubicados en las 4 zonas adyacentes a las estaciones de monitoreo de la Red de Vigilancia, estos fueron de 54.97 ppm en Lima Centro o Lima Ciudad, 50.72 ppm en Lima Este, 54.93 ppm en Lima Norte y 11.51 ppm en Lima Sur; por su parte los valores promedio de plomo atmosférico en las Estaciones de Monitoreo de la Calidad de Aire fueron de 30.510 ppm en Lima Centro o Lima Ciudad, en Lima Este fue de 22.158 ppm; en Lima Norte fue de 30.742 ppm y en Lima Sur fue de 15.197 ppm.
- 8.4. Al haberse demostrado que las hojas de los árboles acumulan las partículas de polvo que flotan en el aire, inclusive el plomo atmosférico, evitando que las inhalamos al respirar; es importante la instalación de áreas verdes en la ciudad de Lima.

## 9. Recomendaciones

- 9.1. Como medida de mitigación de la contaminación ambiental por metales pesados, es importante la instalación de áreas verdes urbanas, sobre todo de árboles; lo cual se debe regir por criterios técnicos y de planificación que permitan su adecuado manejo.
- 9.2. Es recomendable ampliar los estudios relacionados a los mecanismos que regulan la absorción de plomo por las plantas y el transporte a las diferentes partes de esta, y especialmente la tolerancia a los efectos nocivos de los metales pesados.
- 9.3. Con relación a los inventarios de fuentes de emisión; se recomienda la realización de inventarios de fuentes estacionarias de contaminación en lugares seleccionados, considerando a los pobladores potencialmente expuestos
- 9.4. En relación a la salud humana, es importante que basados en la información sobre fuentes estacionarias de contaminación con plomo, se recomienda organizar y evaluar las medidas de prevención, sobre todo en mujeres embarazadas y niños pequeños; considerando los costos de su implementación y evaluando su efectividad.
- 9.5. De igual manera, es importante establecer una reglamentación para el uso de barro vidriado con plomo en loza a partir de los estudios hechos en el país y en el extranjero.
- 9.6. Es recomendable que en los proyectos de prevención a la contaminación, se incluyan los costos de los impactos de la contaminación sobre la salud y el bienestar de las personas, basados en el pago que se tendría que incurrir para lograr una mejora del estado de salud de las personas como consecuencia de la contaminación atmosférica. Tangiblemente se puede considerar los costos de hospitalización, medicinas, y los días perdidos de trabajo; incluso se puede considerar una incapacidad o posible muerte por exposición al plomo; toda vez que se requiera de una población sana y con la mayor capacidad intelectual posible.

- 9.7. Con relación a los aspectos tecnológicos, es importante el mejoramiento e incorporación de nuevas tecnologías en empresas asociadas a la minería y fundición de minerales, centros de producción de juguetes, pinturas, cerámica vidriada, trabajos con cemento, recicladores, trabajadores de rellenos sanitarios, reciclaje de baterías, petroquímicas y fabricantes de cerámica vidriada, servicios de limpieza de polvo de la calle y servicios de pintura.
- 9.8. Se deberá de establecer orientaciones que permitan establecer el uso apropiado de los árboles considerando que es posible aprovechar los servicios ambientales que las diferentes especies arbóreas ofrecen, sobre todo para la bioacumulación de plomo atmosférico.

## 10. Bibliografía

1. **Alfani, D. Baldantoni, G. Maisto, G. Bartoli, A. Virzo De Santo, 2000.** Temporal and spatial variation in C, N, S and trace element contents in the leaves of *Quercus ilex* within the urban area of Naples. *Environmental Pollution* 109, 119-129.
2. **Aneta Piechalak, Barbara Tomaszewska, Danuta Baralkiewicz, Arleta Malecka, 2002.** Accumulation and detoxification of lead ions in legumes. *Phytochemistry* 60, 153-162.
3. **Ewa U. Kurcyszynska, Wojcich Dmurchowski, Wieslaw Wloch and Andrzej Bytnerowicz, 1997.** The Influence of Air Pollutants on Needles and Stems of Scots Pine (*Pinus Sylvestris* L.) Trees. *Environmental Pollution*, Vol. 98' No. 3, pp. 325-334.
4. **Francisco J. Flores Tena, Edna M. Muñoz Salas y Ofelia Morquecho Buendía, 1999.** Absorción de Cromo y Plomo por Alfalfa y Pasto Ovillo. *Agrociencia* 33 pp 381-388.
5. **J. Pichtel, K. Kuroiwa, H. T. Sawyerr, 2000.** Distribution of Pb, Cd and Ba in soils and plants of two contaminated sites. *Environmental Pollution* 110, 171-178.
6. **K. Radics, J. Bartholy, and R. Pongrácz, 2002.** Modelling studies of wind field on urban environment. *Atmos. Chem. Phys. Discuss.*, 2, 1979-2001.
7. **Megan L. Toaspern, Departament of Biology, Gettysburg College, Gettysburg. PA 17325, 1998.** X-ray Imaging of Zinc Uptake and Accumulation in Hyperaccumulator *Thlaspi caerulescens*.
8. **S.E Benes, R. Aragüés, S.R. Grattan and R.B. Austin, 1996.** Foliar and root absorption of Na and Cl in maize and barley: Implications for salt tolerance screening and the use of saline sprinkler irrigation. *Plant and Soil* 180: 75-86.

9. **Th. Keller, R. Matyssek & M. S. Günthardt-Goerg, 1994.** Beech Foliage as a Bioindicator of Pollution Near a Waste Incinerator. *Environmental Pollution* 85, 185-189.
10. **Broman, D. et al, 1994.** Spatial and seasonal variation of major and trace elements in settling particulate matter in an estuarine-like archipelago area in the Northern Baltic proper. *Environmental Pollution*, 85, 243-257.
11. **Consejo Nacional del Ambiente (CONAM).** Transporte Urbano y Ambiente: Bases para una Política Ambiental en el Transporte Urbano. Primera Edición. Lima: CONAM; 1998.
12. **INEI. Censos Nacionales 2007:** XI de Población y VI de Vivienda. Lima: Copyright © INEI 2008. Derechos Reservados [Recuperado 17 Dic 2011; citado 27 Dic 2011]. Disponible en: <http://www.inei.gob.pe/>
13. **J. Finkelman, G. Corey, R. Calderón, 1994.** Epidemiología Ambiental: un proyecto para América Latina y el Caribe. Centro Panamericano de Ecología Humana y Salud, México, 1994, 255p.
14. **Sanin et al 1998.** Acumulación de plomo en hueso y sus efectos en la salud. *Salud Publica de México*, Vol 40, N°4, Julio - Agosto, 359-368.
15. **Lacasaña et al 1999.** Evolución de la contaminación del aire e impacto de los programas de control en tres megaciudades de América Latina. *Salud Publica en México*, vol 41, N°3, Mayo - Junio, 203-215.
16. **Lacasaña et al., 1996.** El problema de exposición al plomo en América Latina. OPS-OMS-CPEHS México, 27p.
17. **Korc et al., 2000.** El Proceso de Fijación y Revisión de Normas de Calidad del Aire, CEPIS/OPS/OMS, Chile, 58p
18. **Programa PNUD/Banco Mundial de Asistencia para a Gestión del Sector Energía (ESMAP).** Eliminación del plomo en la gasolina en América Latina y el Caribe. The Wolrd Bank, Informe 200/98sp, diciembre 1997.70p

- 19. Consejo Nacional del Ambiente (CONAM).** Consideraciones para los Contaminantes del Aire: Pb y SO<sub>2</sub> Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire. San Borja, Lima, Abril 2001, 192p.
  
- 20. Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA) 2011.** Programa Nacional de Vigilancia de la Calidad de Aire Lima – Callao [Consulta: 02 de enero del 2014]. Disponible:  
[http://www.digesa.minsa.gob.pe/DEPA/aire\\_lc/lima\\_callao.asp](http://www.digesa.minsa.gob.pe/DEPA/aire_lc/lima_callao.asp)
  
- 21. Reyes, S. Y Figueroa, I. M., diciembre de 2010.** Distribución, superficie y accesibilidad de las áreas verdes en Santiago de Chile. EURE Revista Latinoamericana de Estudios Urbanos Regionales, 36(109), 89-110.

## **11. Anexos**

### **11.1. Resultados del laboratorio**

En el anexo 1 se presentan los resultados oficiales del análisis especial en foliar del laboratorio de análisis de suelos, plantas, aguas y fertilizantes de la facultad de Agronomía de la Universidad Nacional Agraria La Molina.

### **11.2. Planos**

Se presentan los planos a escala de localización de los puntos de muestreo ubicados de manera adyacente a las estaciones de monitoreo de la calidad de aire de DIGESA.

### **11.3. Registros fotográficos**

Se adjuntan las evidencias fotográficas de todos los árboles que fueron muestreados para ser analizados, en las 4 zonas de monitoreo, ubicadas en Lima Sur, Lima Centro, Lima Este y Lima Norte.

### **11.4. Resultados de plomo en el aire de DIGESA**

Se adjuntan los resultados de DIGESA para los promedios mensuales y anuales de plomo en el aire, para Lima y El Callao.

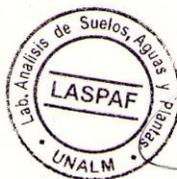
## **Anexo 1: Resultados del laboratorio**



## INFORME DE ANALISIS ESPECIAL EN FOLIAR

SOLICITANTE : ERICK COBEÑA NAVARRETE  
PROCEDENCIA : LIMA  
MUESTRA DE : HOJAS DE FICUS  
REFERENCIA : H.R. 33446  
FECHA : 02/12/2011

Lab	Número Muestra		Pb ppm
	Claves		
4116	1		9.07
4117	2		16.78
4118	3		11.72
4119	4		9.60
4120	5		7.22
4121	6		14.85
4122	7		18.55
4123	8		10.28
4124	9		5.85
4125	10		11.20
4126	11		55.49
4127	12		30.85
4128	13		77.78
4129	14		114.60
4130	15		72.60
4131	16		22.85
4132	17		24.88
4133	18		23.48



Ing. Braulio La Torre Martínez  
Jefe del Laboratorio

/ndf



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA  
FACULTAD DE AGRONOMIA  
LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES



## INFORME DE ANALISIS ESPECIAL EN FOLIAR

SOLICITANTE : ERICK COBEÑA NAVARRETE  
PROCEDENCIA : LIMA  
MUESTRA DE : HOJAS DE FICUS  
REFERENCIA : H.R. 33446  
FECHA : 02/12/2011

Lab	Número Muestra		Pb ppm
	Claves		
4134	19		57.90
4135	20		69.28
4136	21		35.20
4137	22		40.75
4138	23		38.18
4139	24		33.30
4140	25		17.73
4141	26		25.14
4142	27		125.48
4143	28		134.65
4144	29		33.20
4145	30		23.52
4146	31		37.35
4147	32		47.82
4148	33		49.28
4149	34		45.95
4150	35		93.58
4151	36		78.48



Ing. Braulio La Torre Martínez  
Jefe del Laboratorio

/ndf



## INFORME DE ANALISIS ESPECIAL EN FOLIAR

SOLICITANTE : ERICK COBEÑA NAVARRETE  
PROCEDENCIA : LIMA  
MUESTRA DE : HOJAS DE FICUS  
REFERENCIA : H.R. 33446  
FECHA : 02/12/2011

Lab	Número Muestra		Pb ppm
	Claves		
4152	37		50.20
4153	38		52.42
4154	39		61.22
4155	40		32.99



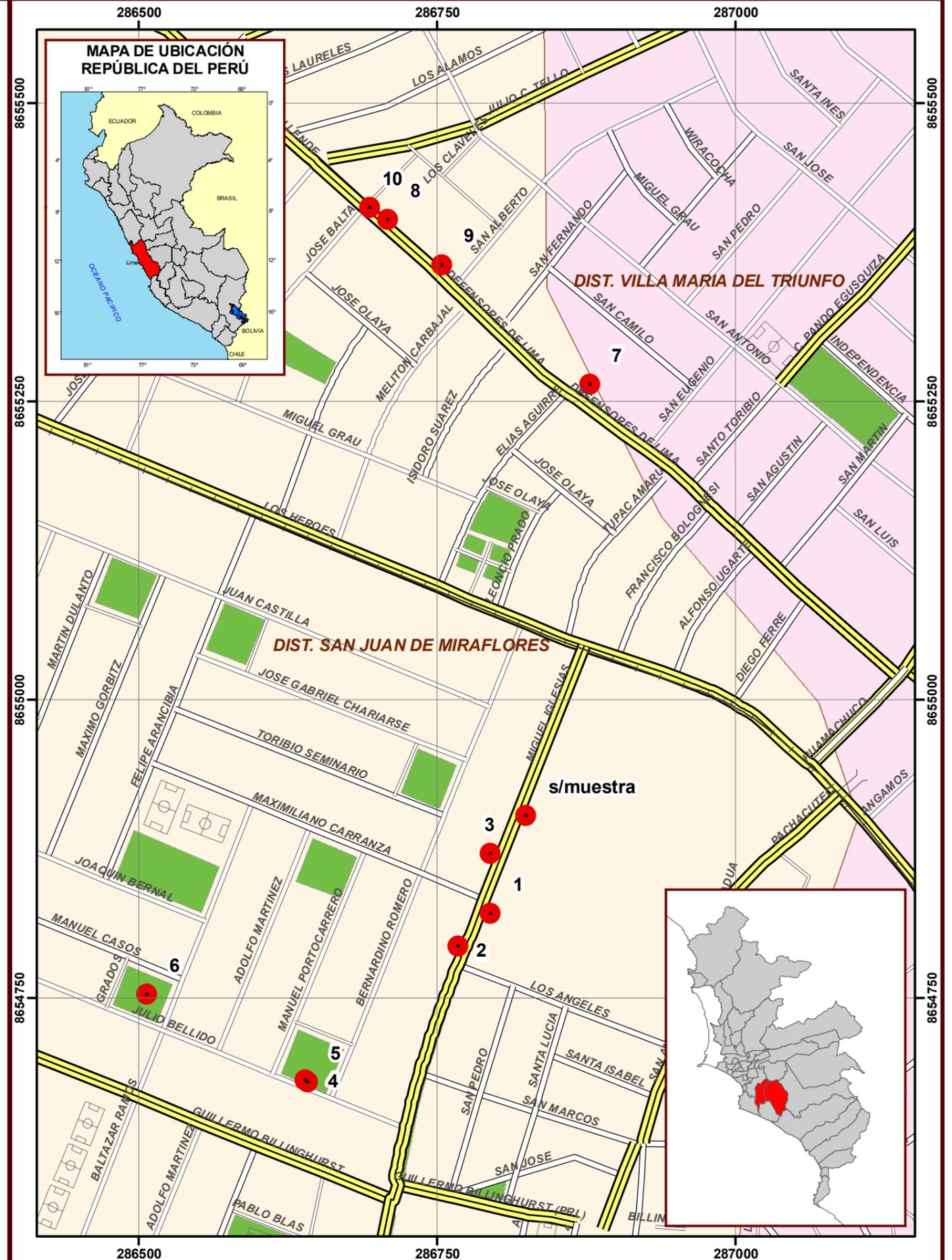
*Ing. Braulio La Torre Martínez*  
Jefe del Laboratorio

/ndf

## **Anexo 2: Planos**

<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA</b>				
FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL				
SECCION DE POSGRADO Y SEGUNDA ESPECIALIZACION				
<b>“METODO PARA EVALUAR EL PLOMO EN ÁRBOLES COMO INDICADOR DE POLUCIÓN AMBIENTAL” - TESIS PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE MAESTRO EN CIENCIAS CON MENCIÓN EN GESTIÓN AMBIENTAL</b>				
Estación:		Lima Sur - San Juan de Miraflores - Hospital María Auxiliadora		
Responsable:		ERICK COBEÑA NAVARRETE		
Departamento:	Lima	Escala:	1 : 4,000	<b>01</b>
Provincia:	Lima	Fuente:	Elaboración propia	
Distrito:	indicada	Fecha:	Marzo, 2012	

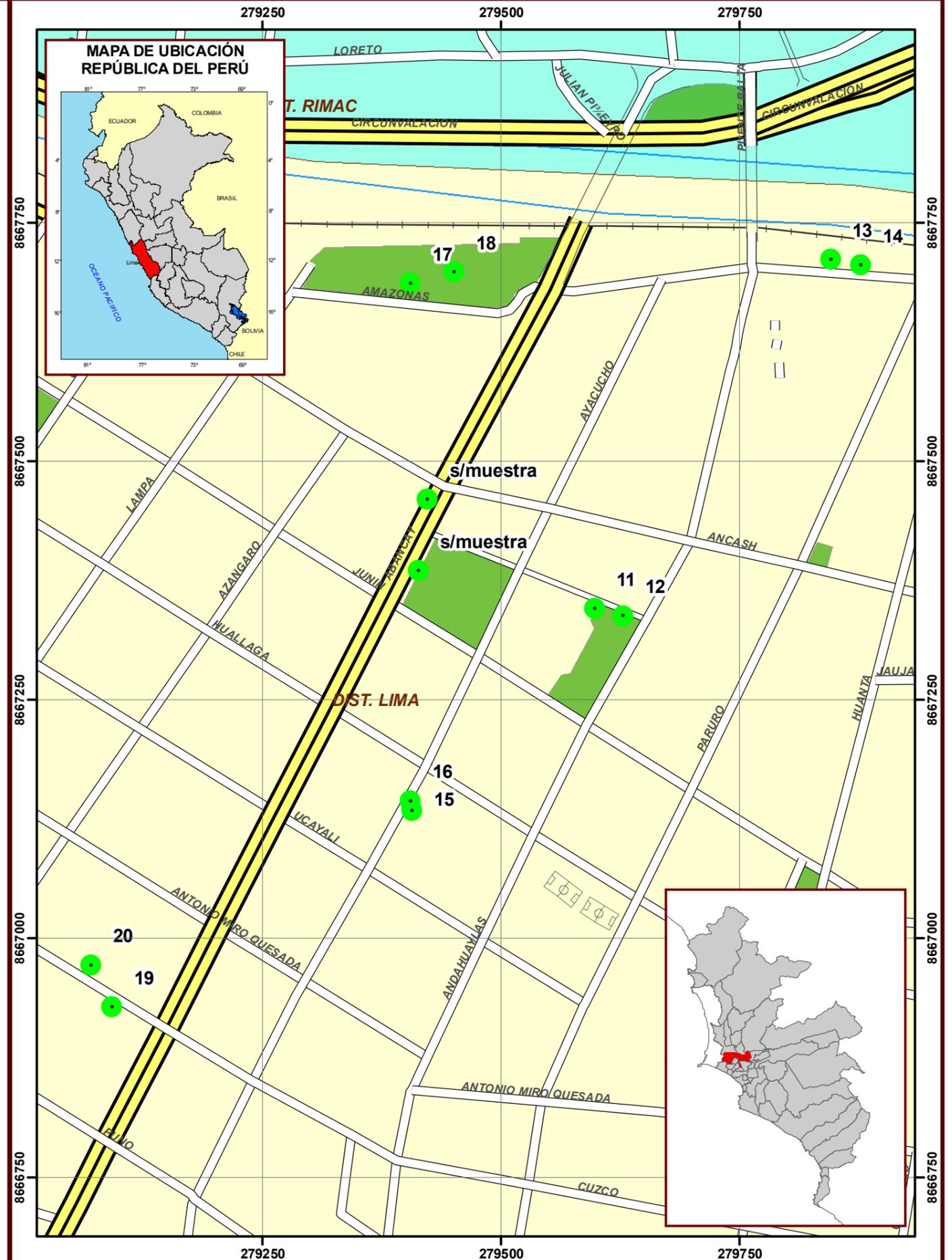
LIMA SUR					
Hospital María Auxiliadora					
N° de Muestra	Ubicación WGS 1984			Referencia	
	Nominación	Localización	Altitud (m)		
1	SJM 1	Este	286,795	123	Av. Miguel Iglesias, Cuadra 8. Zn D Berma central
		Norte	8,654,822		
2	SJM 2	Este	286,768	123	Av. Miguel Iglesias, Cuadra 8. Zn D Berma central
		Norte	8,654,794		
3	SJM 3	Este	286,795	126	Av. Miguel Iglesias, Cuadra 9. Zn D Berma central
		Norte	8,654,872		
4	SJM 4	Este	286,640	122	Parque Los Laureles, en Av. Julio Bellido con Av. Bernardino Romero. Zn D
		Norte	8,654,682		
5	SJM 5	Este	286,642	122	Parque Los Laureles, en Av. Julio Bellido Cdra. 10 con Av. Bernardino Romero. Zn D
		Norte	8,654,680		
6	SJM 6	Este	286,507	124	Parque 6 de agosto, en Av. Julio Bellido Cdra. 11 con Av. Baltazar Grados Cdra. 7 Zn D
		Norte	8,654,754		
7	SJM 7	Este	286,878	144	Av. Defensores Lima Cdra. 8 Frente a la Notaria Bartra. Berma central
		Norte	8,655,266		
8	SJM 8	Este	286,709	145	Av. Defensores Lima Cdra. 8 (ahora Av. San Francisco) Berma central (casa mayólica azul).
		Norte	8,655,404		
9	SJM 9	Este	286,754	146	Av. Defensores Lima Cdra. 9, (ahora Av. San Francisco) con San Alberto Cdra 1. Berma central (casa mayólica verde)
		Norte	8,655,366		
10	SJM 10	Este	286,694	150	Av. Defensores Lima Cdra. 7 (ahora Av. San Francisco) con calle Las Flores Cda 1. Berma central (casa mayólica marrón).
		Norte	8,655,414		



<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA</b>			
FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL			
SECCION DE POSGRADO Y SEGUNDA ESPECIALIZACION			
<b>"METODO PARA EVALUAR EL PLOMO EN ÁRBOLES COMO INDICADOR DE POLUCIÓN AMBIENTAL" - TESIS PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE MAESTRO EN CIENCIAS CON MENCIÓN EN GESTIÓN AMBIENTAL</b>			
Estación:		Lima Centro - Estación Lima - Congreso/Conaco	
Responsable:		ERICK COBEÑA NAVARRETE	
Departamento:	Lima	Escala:	1 : 5,000
Provincia:	Lima	Fuente:	Elaboración propia
Distrito:		Fecha:	Marzo, 2012
			<b>02</b>

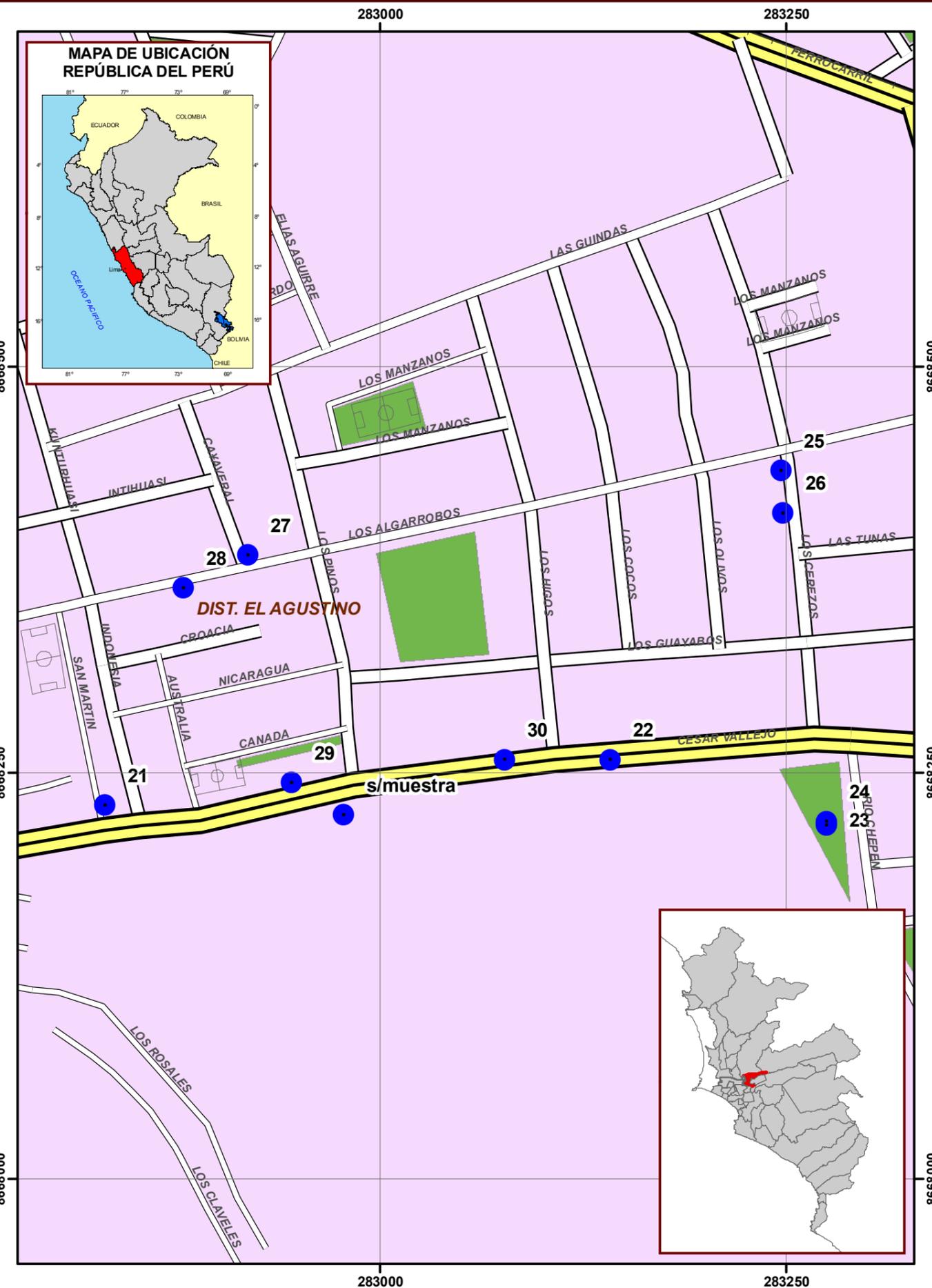


LIMA CENTRO					
Congreso/Conaco					
N° de Muestra	Ubicación WGS 1984			Referencia	
	Nominación	Localización	Altitud (m)		
11	L 11	Este	279,598	166	Psj. Simón Bolívar Cdra. 1
		Norte	8,667,346		
12	L 12	Este	279,628	167	Psj. Simón Bolívar Cdra. 1
		Norte	8,667,338		
13	L 13	Este	279,845	172	Amazonas Cdra. 4. Dentro de la zona de venta de libros.
		Norte	8,667,712		
14	L 14	Este	279,877	163	Amazonas Cdra. 4. Dentro de la zona de venta de libros.
		Norte	8,667,706		
15	L 15	Este	279,407	164	Av. Ayacucho Cuadra 4 Frontis del Mercado Central.
		Norte	8,667,134		
16	L 16	Este	279,405	161	Av. Ayacucho Cuadra 4 Frontis del Mercado Central.
		Norte	8,667,144		
17	L 17	Este	279,405	171	Parque de la Muralla Av. Amazonas Cdra. 1
		Norte	8,667,686		
18	L 18	Este	279,451	172	Parque de la Muralla Av. Amazonas Cdra. 1
		Norte	8,667,698		
19	L 19	Este	279,092	163	Av. Cuzco Cuadra 4
		Norte	8,666,928		
20	L 20	Este	279,070	162	Av. Cuzco Cuadra 4
		Norte	8,666,972		



<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA</b>				
FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL				
SECCION DE POSGRADO Y SEGUNDA ESPECIALIZACION				
<b>"METODO PARA EVALUAR EL PLOMO EN ÁRBOLES COMO INDICADOR DE POLUCIÓN AMBIENTAL" - TESIS PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE MAESTRO EN CIENCIAS CON MENCIÓN EN GESTIÓN AMBIENTAL</b>				
Estación:		Lima Este - Estación El Agustino - Hospital Hipólito Unanue		
Responsable:		ERICK COBEÑA NAVARRETE		
Departamento:	Lima	Escala:	1 : 3,000	Plano:
Provincia:	Lima	Fuente:	Elaboración propia	<b>03</b>
Distrito:		Fecha:	Marzo, 2012	

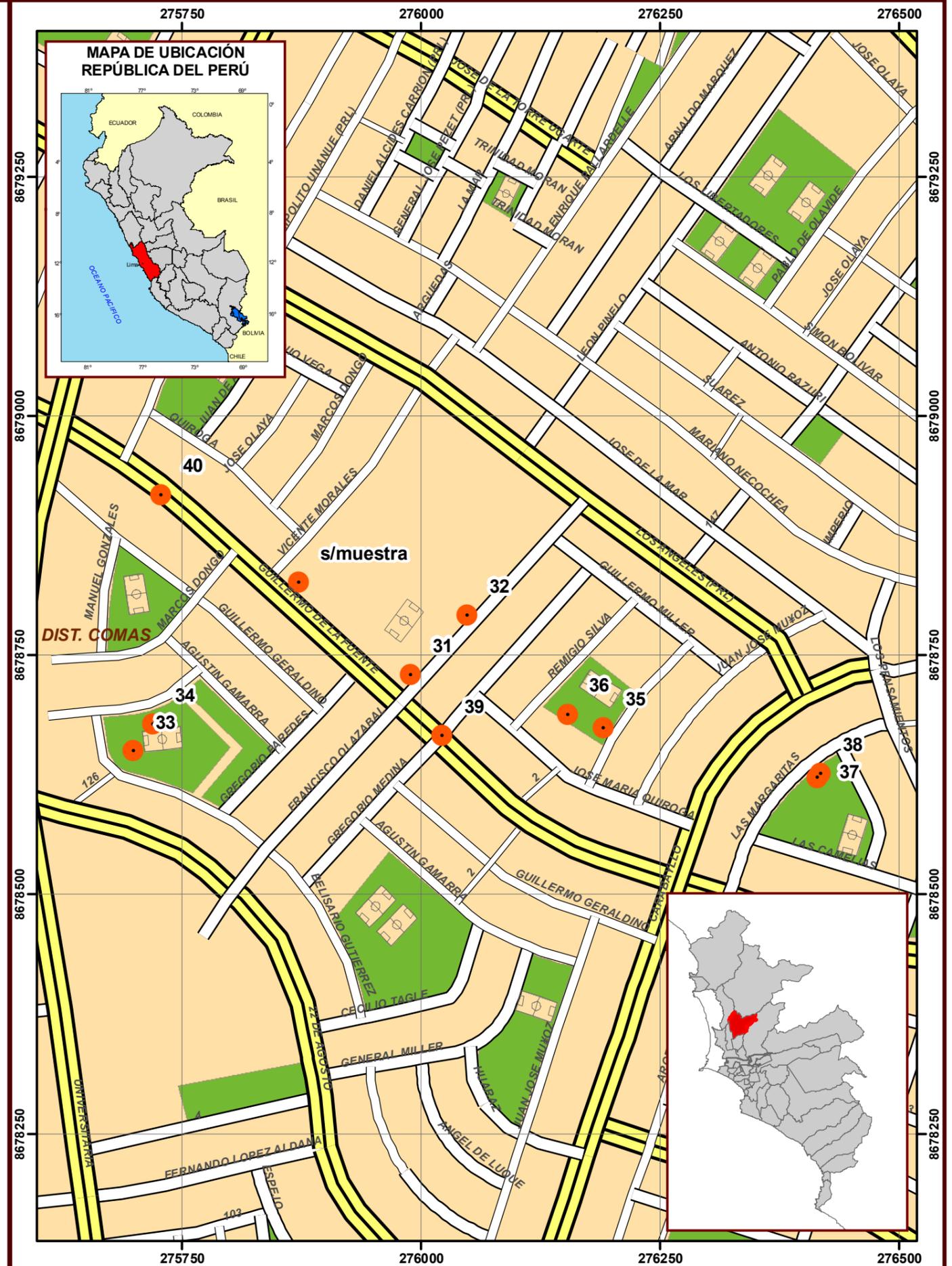
LIMA ESTE				
Hospital Hipólito Unanue				
N° de Muestra	Ubicación WGS 1984			Referencia
	Nominación	Localización	Altitud (m)	
21	EA 21	Este 282,831	219	Av. Cesar Vallejo Cdra. 13 - Berma central Frente al Hosp. Hipólito Unanue
		Norte 8,668,230		
22	EA 22	Este 283,142	224	Av. Cesar Vallejo N° 1530 - Berma Central Frente al Hosp. Hipólito Unanue
		Norte 8,668,258		
23	EA 23	Este 283,275	231	Parque ubicado en Jr. Rio Chepen s/n con Av. Cesar Vallejo Cdra. 16
		Norte 8,668,218		
24	EA 24	Este 283,275	231	Parque ubicado en Jr. Rio Chepen s/n con Av. Cesar Vallejo Cdra. 16
		Norte 8,668,220		
25	EA 25	Este 283,247	228	Av. Guayabos Cdra. 6
		Norte 8,668,436		
26	EA 26	Este 283,248	228	Av. Guayabos Cdra. 6
		Norte 8,668,410		
27	EA 27	Este 282,919	224	Av. Algarrobos Cdra. 3
		Norte 8,668,384		
28	EA 28	Este 282,879	224	Av. Algarrobos Cdra. 3
		Norte 8,668,364		
29	EA 29	Este 282,946	221	Av. Cesar Vallejo Cdra. 13 con Av. Tajacaya Cdra. 1. Berma central - Frente al Hosp. H. Unanue
		Norte 8,668,244		
30	EA 30	Este 283,077	227	Av. Cesar Vallejo Cdra. 14 Berma central - Frente al Hosp. H. Unanue
		Norte 8,668,258		



<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA</b>			
FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL			
SECCION DE POSGRADO Y SEGUNDA ESPECIALIZACION			
<b>"METODO PARA EVALUAR EL PLOMO EN ÁRBOLES COMO INDICADOR DE POLUCIÓN AMBIENTAL" - TESIS PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE MAESTRO EN CIENCIAS CON MENCIÓN EN GESTIÓN AMBIENTAL</b>			
Estación:		Lima Norte - Estación Santa Luzmila Comas - Hospital Mario Molina	
Responsable:		ERICK COBEÑA NAVARRETE	
Departamento:	Lima	Escala:	1 : 5,000
Provincia:	Lima	Fuente:	Elaboración propia
Distrito:		Fecha:	Marzo, 2012
			<b>04</b>



LIMA NORTE				
Centro de Salud Laura Rodríguez				
N° de Muestra	Ubicación WGS 1984			Referencia
	Nominación	Localización	Altitud (m)	
31	LN 31	Este	275,989	108
		Norte	8,678,730	
32	LN 32	Este	276,048	109
		Norte	8,678,792	
33	LN 33	Este	275,699	107
		Norte	8,678,650	
34	LN 34	Este	275,720	105
		Norte	8,678,678	
35	LN 35	Este	276,191	112
		Norte	8,678,674	
36	LN 36	Este	276,153	113
		Norte	8,678,688	
37	LN 37	Este	276,414	112
		Norte	8,678,622	
38	LN 38	Este	276,418	112
		Norte	8,678,626	
39	LN 39	Este	276,022	111
		Norte	8,678,666	
40	LN 40	Este	275,728	110
		Norte	8,678,918	



## **Anexo 3: Registros fotográficos**



**Foto 1:** Ejemplar de *Ficus nítida*, del cual se tomo la muestra 1, el cual se encuentra ubicado en Lima Sur



**Foto 2:** Ejemplar de *Ficus nítida*, del cual se tomo la muestra 2, el cual se encuentra ubicado en Lima Sur



**Foto 3:** Ejemplar de *Ficus nitida*, del cual se tomo la muestra 3, el cual se encuentra ubicado en Lima Sur



**Foto 4:** Ejemplar de *Ficus nitida*, del cual se tomo la muestra 4, el cual se encuentra ubicado en Lima Sur



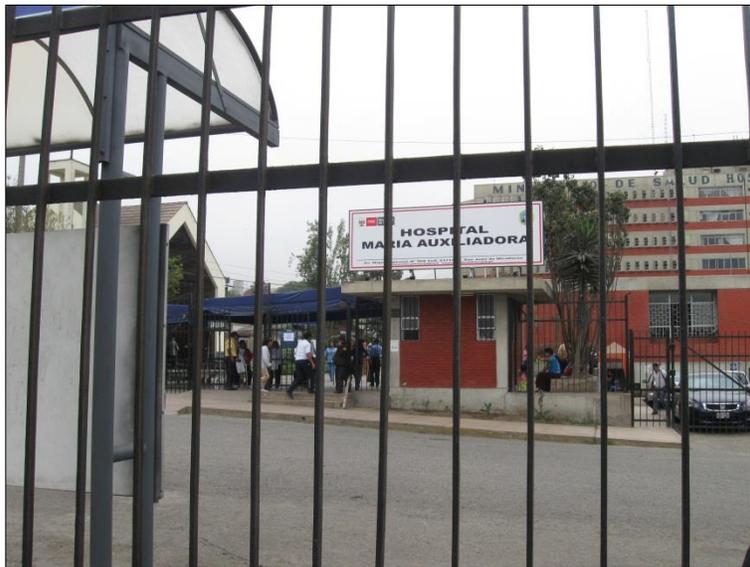
**Foto 5:** Ejemplar de *Ficus nítida*, del cual se tomo la muestra 5, el cual se encuentra ubicado en Lima Sur



**Foto 6:** Ejemplar de *Ficus nítida*, del cual se tomo la muestra 6, el cual se encuentra ubicado en Lima Sur



**Foto 7:** Ejemplar de *Ficus nitida*, del cual se tomo la muestra 7, el cual se encuentra ubicado en Lima Sur



**Foto 8:** Ejemplar de *Ficus nitida*, del cual se tomo la muestra 8, el cual se encuentra ubicado en Lima Sur



**Foto 9:** Ejemplar de *Ficus nitida*, del cual se tomo la muestra 9, el cual se encuentra ubicado en Lima Sur



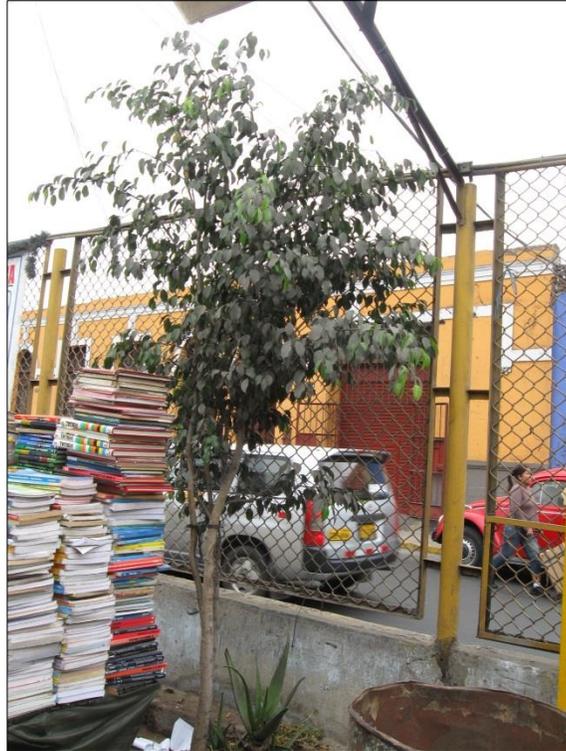
**Foto 10:** Ejemplar de *Ficus nitida*, del cual se tomo la muestra 10, el cual se encuentra ubicado en Lima Sur



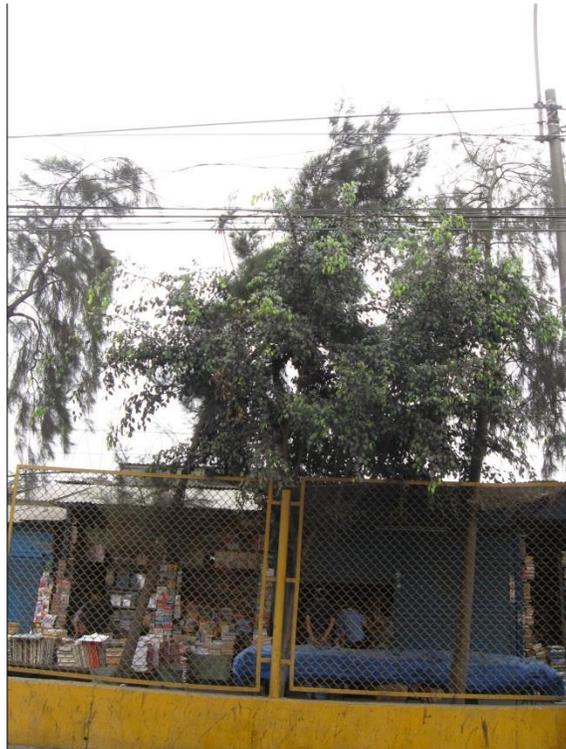
**Foto 11:** Ejemplar de *Ficus nítida*, del cual se tomo la muestra 11, el cual se encuentra ubicado en Lima Centro



**Foto 12:** Ejemplar de *Ficus nítida*, del cual se tomo la muestra 12, el cual se encuentra ubicado en Lima Centro



**Foto 13:** Ejemplar de *Ficus nitida*, del cual se tomo la muestra 13, el cual se encuentra ubicado en Lima Centro



**Foto 14:** Ejemplar de *Ficus nitida*, del cual se tomo la muestra 14, el cual se encuentra ubicado en Lima Centro



**Foto 15:** Ejemplar de *Ficus nítida*, del cual se tomo la muestra 15, el cual se encuentra ubicado en Lima Centro



**Foto 16:** Ejemplar de *Ficus nítida*, del cual se tomo la muestra 16, el cual se encuentra ubicado en Lima Centro



**Foto 17:** Ejemplar de *Ficus nítida*, del cual se tomo la muestra 17, el cual se encuentra ubicado en Lima Centro



**Foto 18:** Ejemplar de *Ficus nítida*, del cual se tomo la muestra 18, el cual se encuentra ubicado en Lima Centro



**Foto 19:** Ejemplar de *Ficus nítida*, del cual se tomo la muestra 19, el cual se encuentra ubicado en Lima Centro



**Foto 20:** Ejemplar de *Ficus nítida*, del cual se tomo la muestra 20, el cual se encuentra ubicado en Lima Centro



**Foto 21:** Ejemplar de *Ficus nítida*, del cual se tomo la muestra 21, el cual se encuentra ubicado en Lima Este



**Foto 22:** Ejemplar de *Ficus nítida*, del cual se tomo la muestra 22, el cual se encuentra ubicado en Lima Este



**Foto 23:** Ejemplar de *Ficus nitida*, del cual se tomo la muestra 23, el cual se encuentra ubicado en Lima Este



**Foto 24:** Ejemplar de *Ficus nitida*, del cual se tomo la muestra 24, el cual se encuentra ubicado en Lima Este



**Foto 25:** Ejemplar de *Ficus nítida*, del cual se tomo la muestra 25, el cual se encuentra ubicado en Lima Este



**Foto 26:** Ejemplar de *Ficus nítida*, del cual se tomo la muestra 26, el cual se encuentra ubicado en Lima Este



**Foto 27:** Ejemplar de *Ficus nitida*, del cual se tomo la muestra 27, el cual se encuentra ubicado en Lima Este



**Foto 28:** Ejemplar de *Ficus nitida*, del cual se tomo la muestra 28, el cual se encuentra ubicado en Lima Este



**Foto 29:** Ejemplar de *Ficus nítida*, del cual se tomo la muestra 29, el cual se encuentra ubicado en Lima Este



**Foto 30:** Ejemplar de *Ficus nítida*, del cual se tomo la muestra 30, el cual se encuentra ubicado en Lima Este



**Foto 31:** Ejemplar de *Ficus nítida*, del cual se tomo la muestra 31, el cual se encuentra ubicado en Lima Norte



**Foto 32:** Ejemplar de *Ficus nítida*, del cual se tomo la muestra 32, el cual se encuentra ubicado en Lima Norte



**Foto 33:** Ejemplar de *Ficus nitida*, del cual se tomo la muestra 33, el cual se encuentra ubicado en Lima Norte



**Foto 34:** Ejemplar de *Ficus nitida*, del cual se tomo la muestra 34, el cual se encuentra ubicado en Lima Norte



**Foto 35:** Ejemplar de *Ficus nitida*, del cual se tomo la muestra 35, el cual se encuentra ubicado en Lima Norte



**Foto 36:** Ejemplar de *Ficus nitida*, del cual se tomo la muestra 36, el cual se encuentra ubicado en Lima Norte



**Foto 37:** Ejemplar de *Ficus nitida*, del cual se tomo la muestra 37, el cual se encuentra ubicado en Lima Norte



**Foto 38:** Ejemplar de *Ficus nitida*, del cual se tomo la muestra 38, el cual se encuentra ubicado en Lima Norte



**Foto 39:** Ejemplares de *Ficus nitida*, de los cuales se tomaron las muestras 39 y 40, ubicados en Lima Norte



**Foto 40:** Hojas tipo, de los árboles de *Ficus nitida* muestreados.



**Foto 41:** Hojas tipo, de los árboles de *Ficus nítida* muestreados.



**Foto 42:** Hojas tipo, de los árboles de *Ficus nítida* muestreados.



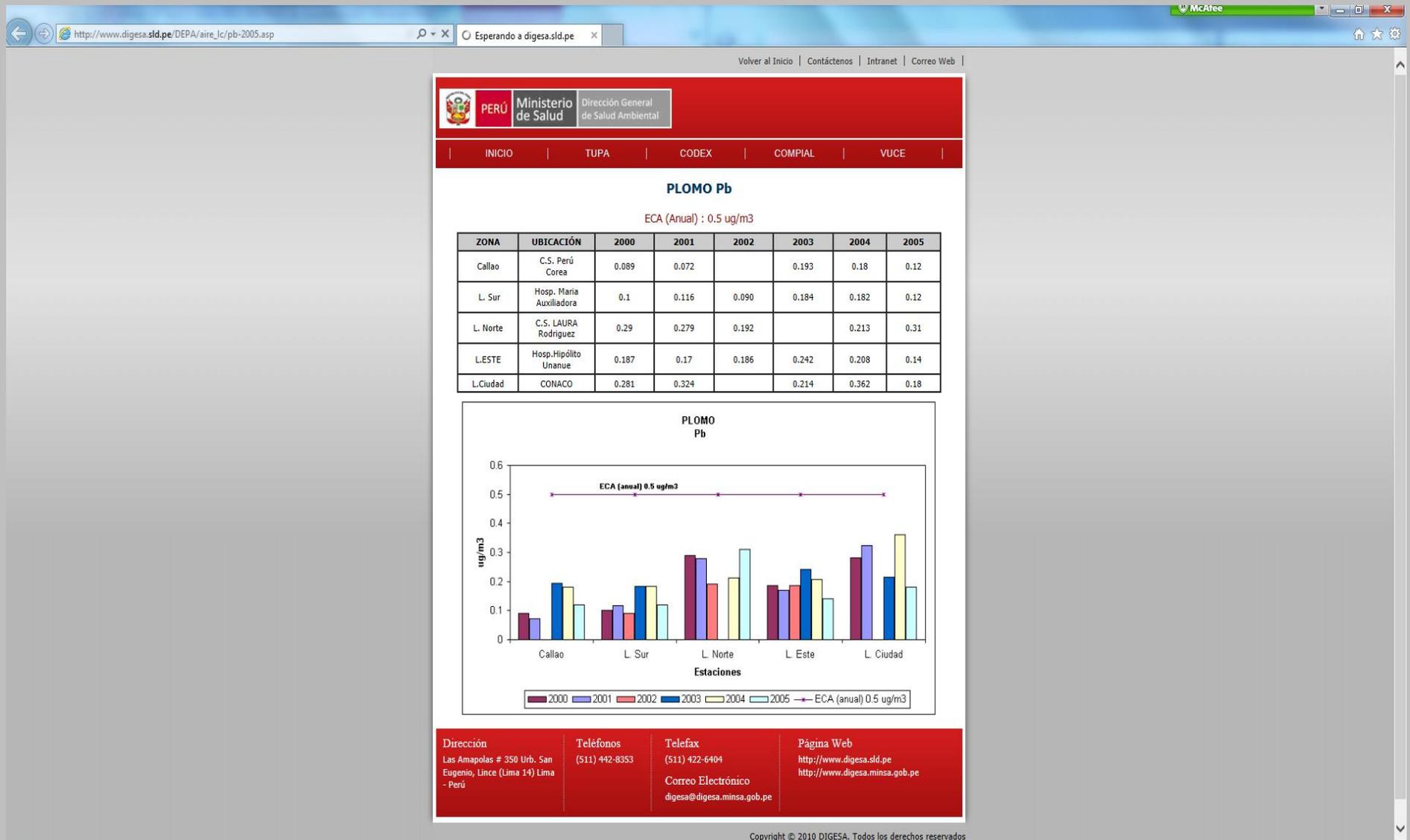
**Foto 43:** Hojas tipo, de los árboles de *Ficus nitida* muestreados.



**Foto 44:** Hojas tipo, de los árboles de *Ficus nitida* muestreados.

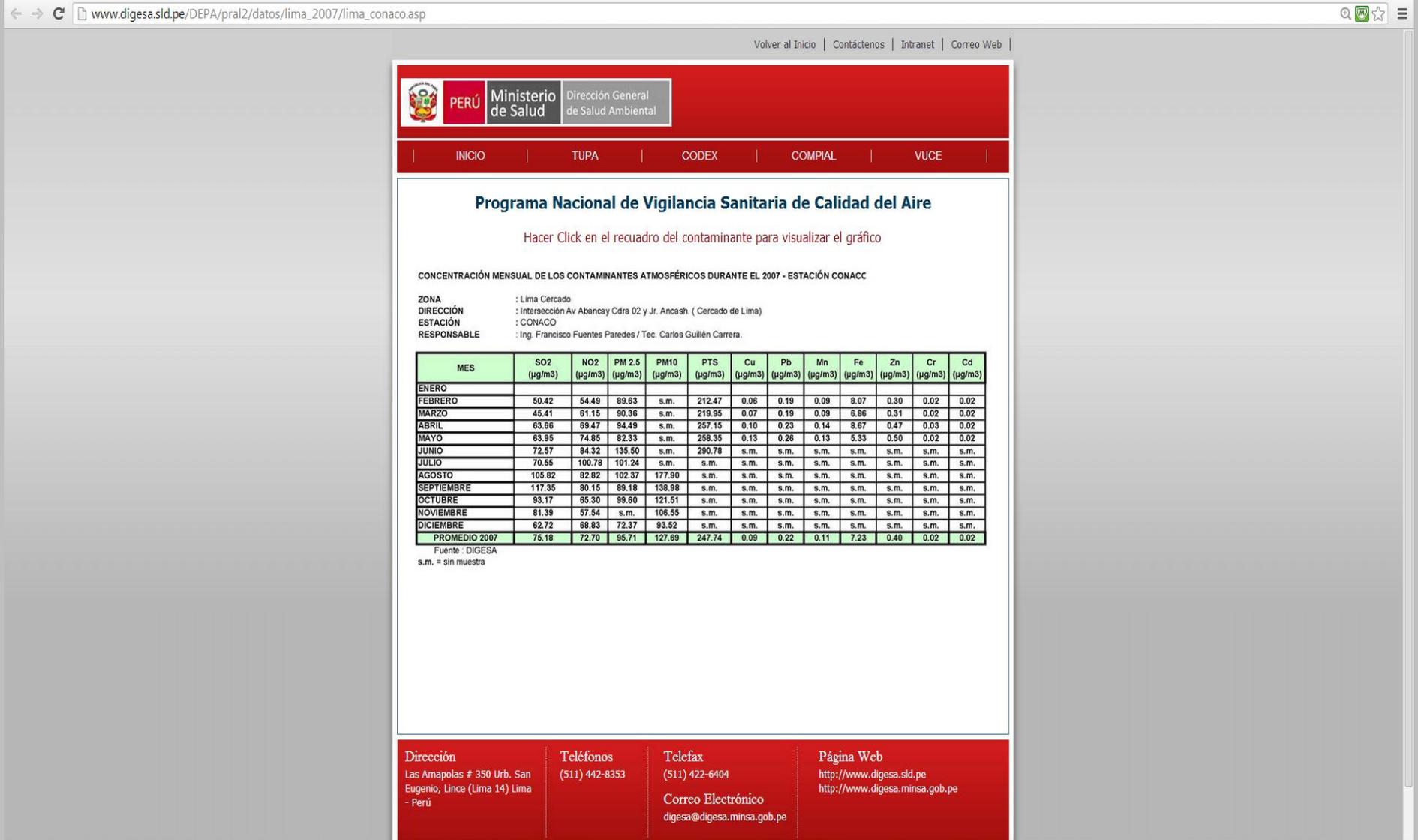
**Anexo 4: Resultados de plomo en el aire de DIGESA – PM10**

**Imagen 1.** Análisis de resultados de los promedios anuales por año 2000 - 2005 en Lima y Callao – Plomo en el aire



Fuente: DIGESA

**Imagen 2.** Análisis de resultados de los promedios anuales 2007 en Lima Centro – Contaminantes atmosféricos, incluye el Plomo



Fuente: DIGESA

**Imagen 3.** Análisis de resultados de los promedios anuales 2007 en Lima Este – Contaminantes atmosféricos, incluye el Plomo

www.digesa.sld.pe/DEPA/pral2/datos/lima\_2007/lima\_hu.asp

Volver al Inicio | Contáctenos | Intranet | Correo Web


**PERÚ** Ministerio de Salud Dirección General de Salud Ambiental

[INICIO](#) | [TUPA](#) | [CODEX](#) | [COMPIAL](#) | [VUCE](#)

### Programa Nacional de Vigilancia Sanitaria de Calidad del Aire

Hacer Click en el recuadro del contaminante para visualizar el gráfico

**CONCENTRACIÓN MENSUAL DE CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS DURANTE EL 2007 - ESTACIÓN HOSPITAL HIPÓLITO UNANUE**  
 ZONA : DISA IV - Lima Este  
 DIRECCIÓN : Av. Cesar Vallejo cuadra 13 - El Agustino  
 ESTACIÓN : Hospital Hipólito Unanue  
 RESPONSABLE : Oco. Inaudio Mauricio Girón.

MES	SO2 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	NO2 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	PM 2.5 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	PM 10 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	PTS ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Cu ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Pb ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Mn ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Fe ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Zn ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Cr ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Cd ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
ENERO												
FEBRERO	11.79	11.81	n.s.r.	s.m.	157.50	0.08	0.14	0.08	7.84	0.20	0.01	0.01
MARZO	8.72	20.51	45.66	s.m.	173.05	0.14	0.13	0.10	6.71	0.33	0.01	0.01
ABRIL	35.28	33.56	61.46	s.m.	332.87	0.16	0.20	0.20	13.02	0.57	0.02	0.01
MAYO	29.67	34.34	76.65	s.m.	231.65	0.10	0.21	0.12	5.30	0.49	0.01	0.02
JUNIO	24.63	21.79	91.96	s.m.	268.71	0.11	0.33	0.08	3.58	0.56	0.04	0.01
JULIO	12.07	20.27	56.37	s.m.	s.m.	s.m.	s.m.	s.m.	s.m.	s.m.	s.m.	s.m.
AGOSTO	15.47	17.28	45.77	103.56	s.m.	s.m.	s.m.	s.m.	s.m.	s.m.	s.m.	s.m.
SEPTIEMBRE	12.46	14.57	61.63	100.6	s.m.	s.m.	s.m.	s.m.	s.m.	s.m.	s.m.	s.m.
OCTUBRE	11.23	15.13	57.83	87.44	s.m.	s.m.	s.m.	s.m.	s.m.	s.m.	s.m.	s.m.
NOVIEMBRE	13.73	14.8	50.13	86.93	s.m.	s.m.	s.m.	s.m.	s.m.	s.m.	s.m.	s.m.
DICIEMBRE	10.98	22.46	49.79	76.37	s.m.	s.m.	s.m.	s.m.	s.m.	s.m.	s.m.	s.m.
PROMEDIO 2006	16.91	20.57	59.72	90.98	232.75	0.11	0.20	0.12	7.25	0.43	0.02	0.01

Fuente : DIGESA  
s.m.=sin muestra

**Dirección**  
 Las Amapolas # 350 Urb. San Eugenio, Lince (Lima 14) Lima - Perú

**Teléfonos**  
 (511) 442-8353

**Telefax**  
 (511) 422-6404

**Página Web**  
<http://www.digesa.sld.pe>  
<http://www.digesa.minsa.gob.pe>

**Correo Electrónico**  
[digesa@digesa.minsa.gob.pe](mailto:digesa@digesa.minsa.gob.pe)

Fuente: DIGESA

**Imagen 4.** Análisis de resultados de los promedios anuales 2007 en Lima Sur - – Contaminantes atmosféricos, incluye el Plomo

www.digesa.sld.pe/DEPA/pral2/datos/lima\_2007/lima\_ma.asp

Volver al Inicio | Contáctenos | Intranet | Correo Web

**PERÚ** Ministerio de Salud Dirección General de Salud Ambiental

INICIO | TUPA | CODEX | COMPIAL | VUCE

### Programa Nacional de Vigilancia Sanitaria de Calidad del Aire

Hacer Click en el recuadro del contaminante para visualizar el gráfico

**CONCENTRACIÓN MENSUAL DE LOS CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS DURANTE EL 2007 - HOSPITAL MARÍA AUXILIADORA/**  
 ZONA : Lima Sur  
 DIRECCIÓN : Av. Miguel Iglesias 968 - San Juan de Miraflores  
 ESTACIÓN : Hospital María Auxiliadora  
 RESPONSABLE : Ing. Alberto Milla Hernández.

MES	SO2 (µg/m3)	NO2 (µg/m3)	PM 2.5 (µg/m3)	PM 10 (µg/m3)	PTS (µg/m3)	Cu (µg/m3)	Pb (µg/m3)	Mn (µg/m3)	Fe (µg/m3)	Zn (µg/m3)	Cr (µg/m3)	Cd (µg/m3)
ENERO												
FEBRERO	17.79	26.18	61.48	s.m.	270.09	0.07	0.13	0.13	12.63	0.21	0.01	0.01
MARZO	9.99	21.99	75.19	s.m.	215.79	0.10	0.09	0.12	7.11	0.15	0.01	0.01
ABRIL	11.78	s.m.	75.03	s.m.	288.19	0.09	0.09	0.12	9.18	0.19	0.02	0.01
MAYO	18.40	s.m.	56.17	s.m.	260.13	0.13	0.18	0.10	5.02	0.27	0.02	0.01
JUNIO	22.80	22.86	63.56	s.m.	253.32	s.m.						
JULIO	9.80	25.60	57.70	s.m.	s.m.	s.m.	s.m.	s.m.	s.m.	s.m.	s.m.	s.m.
AGOSTO	n.s.r	n.s.r	n.s.r	n.s.r	s.m.	s.m.	s.m.	s.m.	s.m.	s.m.	s.m.	s.m.
SEPTIEMBRE	n.s.r	n.s.r	n.s.r	n.s.r	s.m.	s.m.	s.m.	s.m.	s.m.	s.m.	s.m.	s.m.
OCTUBRE	61.32	21.00	60.34	74.82	s.m.	s.m.	s.m.	s.m.	s.m.	s.m.	s.m.	s.m.
NOVIEMBRE	42.43	3.55	37.79	82.76	s.m.	s.m.	s.m.	s.m.	s.m.	s.m.	s.m.	s.m.
DICIEMBRE	41.22	20.63	55.59	76.63	s.m.	s.m.	s.m.	s.m.	s.m.	s.m.	s.m.	s.m.
PROMEDIO 2007	28.17	20.26	62.54	s.m.	253.80	0.09	0.12	0.12	8.49	0.21	0.02	0.01

Fuente : DIGESA  
 s.m. = sin muestra  
 n.s.r.=no se reporto

**Dirección**  
 Las Amapolas # 350 Urb. San Eugenio, Lince (Lima 14) Lima - Perú

**Teléfonos**  
 (511) 442-8353

**Telefax**  
 (511) 422-6404

**Correo Electrónico**  
 digesa@digesa.minsa.gob.pe

**Página Web**  
<http://www.digesa.sld.pe>  
<http://www.digesa.minsa.gob.pe>

Fuente: DIGESA

**Imagen 5.** Análisis de resultados de los promedios anuales 2007 en Lima Norte – Contaminantes atmosféricos, incluye el Plomo

www.digesa.sld.pe/DEPA/pral2/datos/lima\_2007/lima\_sl.asp

Volver al Inicio | Contáctenos | Intranet | Correo Web

**PERÚ** Ministerio de Salud Dirección General de Salud Ambiental

INICIO | TUPA | CODEX | COMPIAL | VUCE

### Programa Nacional de Vigilancia Sanitaria de Calidad del Aire

Hacer Click en el recuadro del contaminante para visualizar el gráfico

**CONCENTRACIÓN MENSUAL DE LOS CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS DURANTE EL 2007 - C.S. SANTA LUZMILA**  
 ZONA : Lima Norte  
 DIRECCIÓN : Guillermo La Fuente Cuadra 03 sin - Comas  
 ESTACIÓN : Centro de Salud Santa Luzmila  
 RESPONSABLE : Ing. Elmer Alaga Rojas / Ing. Italo Inga Fuentes.

MES	SO2 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	NO2 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	PM 2.5 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	PM 10 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	PTS ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Cu ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Pb ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Mn ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Fe ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Zn ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Cr ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Cd ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
ENERO												
FEBRERO	23.98	30.07	46.31	s.m.	220.61	0.08	0.21	0.17	12.71	0.58	0.01	0.01
MARZO	11.67	31.20	63.07	s.m.	214.48	0.08	0.22	0.14	7.89	0.39	0.01	0.01
ABRIL	23.72	30.66	68.61	s.m.	320.62	0.14	0.29	0.24	12.35	1.00	0.02	0.01
MAYO	25.37	46.16	72.92	s.m.	332.62	0.15	0.37	0.20	9.34	0.78	0.01	0.01
JUNIO	44.34	28.27	67.20	s.m.	311.60	0.12	0.43	0.13	4.97	0.82	0.03	0.01
JULIO	12.39	20.45	67.91	s.m.	s.m.	s.m.	s.m.	s.m.	s.m.	s.m.	s.m.	s.m.
AGOSTO	13.47	23.93	67.36	99.24	s.m.	s.m.	s.m.	s.m.	s.m.	s.m.	s.m.	s.m.
SEPTIEMBRE	12.42	17.83	65.90	105.37	s.m.	s.m.	s.m.	s.m.	s.m.	s.m.	s.m.	s.m.
OCTUBRE	62.83	13.00	38.58	99.85	s.m.	s.m.	s.m.	s.m.	s.m.	s.m.	s.m.	s.m.
NOVIEMBRE	72.17	14.72	42.05	85.48	s.m.	s.m.	s.m.	s.m.	s.m.	s.m.	s.m.	s.m.
DICIEMBRE	68.90	28.13	41.97	81.48	s.m.	s.m.	s.m.	s.m.	s.m.	s.m.	s.m.	s.m.
PROMEDIO 2007	31.92	25.86	64.72	94.28	279.99	0.11	0.30	0.17	9.45	0.71	0.02	0.01

Fuente : DIGESA  
 s.m. = sin muestra

**Dirección**  
 Las Amapolas # 350 Urb. San Eugenio, Lince (Lima 14) Lima - Perú

**Teléfonos**  
 (511) 442-8353

**Telefax**  
 (511) 422-6404

**Correo Electrónico**  
 digesa@digesa.minsa.gob.pe

**Página Web**  
<http://www.digesa.sld.pe>  
<http://www.digesa.minsa.gob.pe>

Fuente: DIGESA

**Imagen 6.** Análisis de resultados de los promedios anuales 2008 en Lima Centro – Contaminantes atmosféricos, no se evaluó el Plomo

← → ↻ [www.digesa.sld.pe/DFPA/pral2/datos/lima\\_2008/lima\\_conaco.asp](http://www.digesa.sld.pe/DFPA/pral2/datos/lima_2008/lima_conaco.asp)  

Volver al Inicio | Contáctenos | Intranet | Correo Web |


PERÚ
Ministerio de Salud
Dirección General de Salud Ambiental

[INICIO](#) | [TUPA](#) | [CODEX](#) | [COMPIAL](#) | [VUCE](#)

### Programa Nacional de Vigilancia Sanitaria de Calidad del Aire

Hacer Click en el recuadro del contaminante para visualizar el gráfico

#### CONCENTRACIÓN MENSUAL DE LOS CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS DURANTE EL 2008 - ESTACIÓN CONACO

ZONA : Lima Cercado  
 DIRECCIÓN : Intersección Av Abancay Cdra 02 y Jr. Ancash. ( Cercado de Lima)  
 ESTACIÓN : CONACO  
 RESPONSABLE : Ing. Francisco Fuentes Paredes / Tec. Carlos Guillén Carrera.

MES	SO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	NO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	PM <sub>2.5</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	PM <sub>10</sub> (µg/m <sup>3</sup> )
ENERO	52.54	72.07	65.18	98.33
FEBRERO	52.36	81.68	54.25	100.33
MARZO	57.85	85.76	NSR	129.86
ABRIL	47.89	90.13	105.55	141.18
MAYO	47.05	73.52	95.44	169.50
JUNIO	37.23	77.75	65.38	126.86
JULIO	29.43	67.22	96.43	134.27
AGOSTO	20.50	86.61	62.28	134.19
SEPTIEMBRE	29.27	70.72	68.70	129.81
OCTUBRE	31.51	86.30	64.00	136.06
NOVIEMBRE	40.00	69.00	82.00	107.00
DICIEMBRE	24.00	15.30	80.60	100.00
<b>PROMEDIO 2008</b>	<b>38.14</b>	<b>73.01</b>	<b>76.35</b>	<b>125.62</b>

Fuente: DIGESA

Para el mes de mayo se han presentado concentraciones de PM10 superiores al ECA 24 hrs (150µg/m3) lo días 08, 12, 20, 27 de mayo y fueron 158µg/m3, 229.79µg/m3, 163.22µg/m3 y 198.39 µg/m3 respectivamente.  
 Para el caso de PM 2.5 en el mes de mayo se superó el valor referencial para 24 hrs (65 µg/m3) el día 24 de mayo con 95.44 µg/m3.

Para el mes de julio se han presentado concentraciones de PM10 superiores al ECA 24 hrs (150µg/m3) los días 01 y 03 de julio y fueron 155.86µg/m3 y 155.63 µg/m3 respectivamente.  
 Para el caso de PM 2.5 en el mes de julio se superó el valor referencial para 24 hrs (65 µg/m3) el día 16 de julio con 90.40 µg/m3.

<b>Dirección</b> Las Amapolas # 350 Urb. San Eugenio, Lince (Lima 14) Lima - Perú	<b>Teléfonos</b> (511) 442-8353	<b>Telefax</b> (511) 422-6404  <b>Correo Electrónico</b> digesa@digesa.minsa.gob.pe	<b>Página Web</b> <a href="http://www.digesa.sld.pe" style="color: white;">http://www.digesa.sld.pe</a> <a href="http://www.digesa.minsa.gob.pe" style="color: white;">http://www.digesa.minsa.gob.pe</a>
--	------------------------------------	---	---

Fuente: DIGESA

**Imagen 7.** Análisis de resultados de los promedios anuales 2013 en Lima Centro – Contaminantes atmosféricos, no se evaluó el Plomo

www.digesa.sld.pe/DEPA/pral2/datos/Lima\_2013/lima\_congreso.asp

Volver al Inicio | Contáctenos | Intranet | Correo Web

**PERÚ** Ministerio de Salud Dirección General de Salud Ambiental

INICIO | TUPA | CODEX | COMPIAL | VUCC

### Programa Nacional de Vigilancia Sanitaria de Calidad del Aire

Hacer Click en el recuadro del contaminante para visualizar el gráfico

Programa Nacional de Vigilancia Sanitaria de Calidad del Aire

**CONCENTRACIÓN MENSUAL DE LOS CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS DURANTE EL 2013**

**ESTACIÓN E-5 CONGRESO DE LA REPÚBLICA**

ZONA : Lima Centro  
 DIRECCION : Congreso de la República  
 RESPONSABLE : Técnico Carlos Guillén

MESES	PM10 (µg/m3)	PM2.5 (µg/m3)	SO2 (µg/m3)	NO2 (µg/m3)
ENERO	30,81	NSM	7,82	15,74
FEBRERO	46,27	NSM	8,72	10,99
MARZO	74,17	NSM	12,95	10,08
ABRIL	79,20	NSM	12,22	8,30
MAYO	82,19	NSM	9,34	25,01
JUNIO	67,97	NSM	7,60	41,72
JULIO	75,68	NSM	7,77	37,10
AGOSTO	72,21	NSM	9,62	24,73
SETIEMBRE				
OCTUBRE				
NOVIEMBRE				
DICIEMBRE				
<b>PROMEDIO</b>	<b>66,07</b>		<b>9,49</b>	<b>22,97</b>

FUENTE: DIGESA  
 NSM: No se realizó el muestreo

**Dirección**  
 Las Amapolas # 350 Urb. San Eugenio, Lince (Lima 14) Lima - Perú

**Teléfonos**  
 (511) 442-8353

**Telefax**  
 (511) 422-6404

**Página Web**  
<http://www.digesa.sld.pe>  
<http://www.digesa.minsa.gob.pe>

**Correo Electrónico**  
[digesa@digesa.minsa.gob.pe](mailto:digesa@digesa.minsa.gob.pe)

Copyright © 2010 DIGESA. Todos los derechos reservados

Fuente: DIGESA