

El Ceibo (*Ceiba sp.*) como indicador de fuentes de contaminación atmosférica, en el Distrito de Chaclacayo, Lima, Perú

The Kapok (*Ceiba sp.*) like indicator of origin of atmospheric pollution, in Chaclacayo District, Lima, Perú

Jaziel Martín Blanco Obregón

Recibido: 10/05/2017 - Aprobado: diciembre de 2015

RESUMEN

El ceibo (*Ceiba sp.*) produce un fruto conteniendo un algodoncillo, sirve como indicador cualitativo de calidad ambiental del aire, debido al color que adquiere al estar expuesto a las diversas partículas del entorno. Se emplearon algodoncillos de ceibo, entre las cuadras 2 y 9 de la Av. Nicolás Ayllón en Chaclacayo, y complementariamente otras zonas de Lima. El año 2008, las diferencias entre las concentraciones de plomo en el algodoncillo y el suelo, indica que este elemento proveniente sobre todo de la combustión de los vehículos. Los puntos con mayor tráfico vehicular reportaron mayores niveles de Pb, no descartándose la presencia de otros materiales particulados en la atmósfera. El año 2016, los valores menores en el algodoncillo y el suelo, indicaría que la reducción de plomo como aditivo en los combustibles repercute en los valores de este mineral en el algodoncillo del ceibo en Chaclacayo. La mayor concentración de plomo en el suelo respecto al acumulado en el algodoncillo del ceibo, nos indica que este último se satura de Pb.

Palabras clave: Ceibo; monitoreo; contaminación atmosférica; plomo.

ABSTRACT

The kapok (*Ceiba sp.*) Produces a fruit containing cotton-like fluff, which serves as a qualitative indicator of ambient air quality, due to the color that it acquires when exposed to the various particles in the environment. kapok fluff was used, between the 2nd and 9th blocks of Nicolás Ayllón avenue in Chaclacayo, and complemented with samples from other areas of Lima. In 2008, the differences between the concentrations of lead in soil and cotton-like fluff indicated that this element comes mostly from the combustion motors of vehicles. Points with heavy traffic reported higher levels of Pb, not ruling out the presence of other particulates in the atmosphere. In 2016, the lower values in the fluff and soil, indicate that the reduction of lead as an additive in fuel affects the values of this mineral in the kapok fluff in Chaclacayo. The higher concentration of lead in the soil compared to the concentration in the kapok fluff indicates that the latter gets saturated with Pb.

Keywords: Ceibo; monitoring; atmospheric pollution; lead.

Las urbes representan concentraciones de personas, infraestructura, materiales, en ellas se desarrollan diversas acciones antrópicas y debido a ello se registran altos niveles de contaminación, y por lo tanto grandes impactos al entorno (Fenger 1999). Podemos mencionar que los polutantes más frecuentes encontrados en las urbes son gases como el dióxido de sulfuro (SO₂), óxidos de nitrógenos (NO_x), ozono, (O₃) también se puede mencionar al material particulado en suspensión, los metales pesados y sustancias químicas orgánicas, como los hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP) y el benceno y derivados (Anze 1996a).

Concentraciones altas de las contaminantes mencionadas líneas arriba, representan un peligro para la existencia humana, afectan a los organismos vegetales y animales, y degradan la infraestructura urbana. Estos efectos nocivos se observan especialmente en las metrópolis, debido a que en ellas se emite una gama de contaminantes en una zona restringida y, considerando la gran cantidad de personas en las urbes, mucha gente se ve afectada (Hernández, 2005).

La Constitución Política del Perú y las normas ambientales vigentes, indican que un ambiente equilibrado y adecuado para el desarrollo de la vida constituye un derecho fundamental de las personas y la sociedad.

Existe un gran número de estudios científicos que vinculan la contaminación del aire con las dolencias respiratorias, cardiovasculares, cardíacas e incluso hepáticas. La Organización Mundial de la Salud (en su Nota descriptiva 313 de septiembre de 2011) señala: «La contaminación atmosférica constituye un riesgo ambiental para la salud y se estima que causa alrededor de dos millones de muertes prematuras al año en todo el mundo».

Las mediciones de contaminantes presentes en el entorno principalmente se realizan a través de ensayos físico-químicos, estos, sin embargo, no ofrecen información concluyente sobre los efectos que producen los contaminantes sobre las diversas formas de vida que se encuentran expuestas a los mismos. Para saber lo mencionado, se emplean los denominados bioindicadores, estos sirven para complementar a los ensayos físicoquímicos, y permiten conocer las consecuencias de la polución sobre las diversas formas de vida (Klumpp et al. 2004).

Los organismos vegetales, reaccionan de diversas formas a factores externos como los

polutantes del aire. Los bioindicadores tienen por finalidad indicar cómo funcionan los polutantes atmosféricos sobre la actividad biológica de los organismos, porque aparte de ser sensibles, estos también generan reacciones típicas frente a polutantes frecuentes del aire (Guderian, 1985).

Emplear bioindicadores para calcular las consecuencias de los polutantes atmosféricos, representa una de las bases en la adecuada gestión de la calidad del aire en todo el mundo (VDI 1999) por el empleo de formas de vida para calcular el riesgo de la polución del entorno sobre los ecosistemas y el estado de salud de las personas. Los diversos métodos empleaos para la bioindicación, el biomonitoreo y los bioensayos realizados en condiciones de laboratorio han prosperado en décadas recientes, sirviendo como herramientas frecuentes para el diagnóstico, el monitoreo y la gestión en las instituciones ambientales, en todos los países. Por lo tanto, los bioindicadores deben ser adecuados al clima y condiciones financieras de los diversos estados (Anze, 2007).

La presente investigación presta especial atención al elemento plomo, tratando de mencionar fuentes de las cuales pueda provenir; en la legislación actual se tiene como norma de referencia el D.S. N° 002-2013-MINAM (ECA suelo residencial / parques) para suelos incluyendo a este elemento, inicialmente se comparó con la normativa canadiense de calidad de suelos, en la que se consigna los niveles de plomo permitidos en el suelo para calidad agrícola e industrial. Se pretende con esta investigación determinar las concentraciones de plomo acumuladas de manera particulada en el algodoncillo de ceibo y en el suelo presentes en el distrito de Chaclacayo, entre las cuadras 2 y 9 de la avenida Nicolás Ayllón, complementando con el análisis de muestras tomadas de algodoncillos de ceibo del centro de Lima (Av. Garcilaso de la Vega cuadras 14 y 15), Universidad Nacional Mayor de San Marcos y Comas, Av. maestro peruano, cruce con la Av. Tomas Unger.

1.1 Antecedente de Investigación

El presente trabajo de investigación es pionero, sólo hay referencias a métodos de monitoreo pasivo, sobre todo en hojas de árboles ornamentales, no habiendo literatura referida al empleo del algodoncillo del ceibo.

Los bioindicadores se definen como aquellos seres vivos, o comunidades de los mismos, que tienen la capacidad de reaccionar a la polución ambiental, a través de reacciones fisiológicas, o mediante su capacidad para almacenar contaminantes (Pignata, 2003). Los bioindicadores sirven para medir los efectos de la polución en los organismos vivos, debido a ello, permiten contar con información importante sobre los riesgos que acarrearán para otras formas de vida, ecosistemas y el ser humano.

Los biomonitores son seres vivos, partes de ellos o una comunidad de estos que sirven para «cuantificar» la calidad del entorno a través de la comparación de categorías o en relación a un rango considerado de «background». Su comportamiento evidencia una relación directa en lo concerniente a la dosis – respuesta con la conglomeración de un contaminante en la atmósfera, con la mezcla de estos y/o con el tiempo de exposición (Pignata, 2003). La reacción expresada como una respuesta singular o la acumulación de determinados polutantes, debe que ser fácilmente calculable, con un protocolo económico y debe singularizarse de reacciones sobre factores naturales.

El biomonitoreo consiste en el empleo de biomonitores, contemplando series definidas de cálculo con el objetivo de estimar la calidad del aire en un lugar específico, para un polutante particular o un grupo de contaminantes encontrados en dicho lugar. Cuando los biomonitores que se emplean son aquellos organismos que se desarrollan en los ecosistemas a evaluar, se le denomina biomonitoreo pasivo. Cuando los biomonitores son organismos que se llevan a una determinada zona y/o se emplean procedimientos de exposición controlada, entonces se denomina biomonitoreo activo (Anze, 2007).

Habiéndose identificado en diferentes zonas de Lima metropolitana, áreas con árboles de ceibo, estos pueden servir de bioindicadores debido a que entre junio y septiembre producen un algodoncillo el cual varía de color al retener partículas del entorno aéreo y sirven de buenos indicadores ambientales de bajo costo, además de brindar indicios de las posibles fuentes de emisión de los agentes que causan el cambio de color en el algodoncillo del ceibo.

El objetivo de esta investigación es demostrar que el algodoncillo del ceibo (*Ceiba sp.*) sirve como indicador de fuentes de contaminación

ambiental al capturar partículas de la atmósfera en el distrito de Chaclacayo. Para ello se colectan frutos de ceibo que tengan el algodoncillo expuesto, lo que permite realizar análisis de laboratorio que nos brinden luces sobre la composición química de los mismos.

El lugar de muestreo inicial es el distrito de Chaclacayo, ahí se realizaron muestreos cualitativos, y los cuantitativos se obtuvieron de los resultados de laboratorio arrojando resultados que sustentan la validez de emplear el mencionado algodoncillo como un buen indicador ambiental, pudiendo inferirse las posibles fuentes de contaminación atmosférica de acuerdo a la naturaleza de los agentes atrapados en el algodoncillo del ceibo.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

Los árboles de ceibo (*Ceiba sp.*) encontrados en la avenida Nicolás Ayllón del distrito de Chaclacayo, y para complementar la información se emplearon árboles de la avenida Garcilaso de la Vega y Universidad Mayor de San Marcos, avenida Maestro Peruano, distrito de Comas.

Para la realización de la investigación se consideró:

Grupo experimental (GE):

Algodoncillo de ceibo, entre las cuadras 2 y 9 de la Av. Nicolás Ayllón en Chaclacayo (GEch). Años 2008 y 2016.

Grupo complementario (GC):

Algodoncillo de ceibo de las cuadras 14 y 15 de la Av. Garcilaso de la Vega Lima (GCI), Algodoncillo de ceibo entre las cuadras 1 y 5 de la avenida Maestro Peruano, cruce con la avenida Túpac Amaru, comas (GCc). Algodoncillo de ceibo de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos (GCu). Año 2008.

Selección de muestra

Se colectaron frutos del ceibo que contenían algodoncillo expuesto y algodoncillo no expuesto al ambiente, para realizar los análisis de laboratorio correspondientes. Para comparar la cantidad de plomo acumulado en el algodoncillo, también se tomaron muestras de suelo en el distrito de Chaclacayo. En este distrito se tomaron muestras los años 2008 y 2016.

Técnicas de recolección de Datos

Se colectaron de manera mecánica los frutos de ceibo que exponían el algodoncillo, para ello se emplearon escaleras, tijeras telescópicas u otro objeto que permita alcanzar los frutos en mención. Se colectaron frutos del ceibo con algodoncillo expuesto y algodoncillo no expuesto al ambiente para comparar con los resultados a través de análisis de laboratorio correspondientes.

La investigación se realizó mediante colecta de muestras y análisis de laboratorio de las mismas, con especial énfasis en la presencia de plomo. Se recabó información que se encuentre en la web y en documentos oficiales procedentes de la DIGESA, revistas, de libros y experiencias que pudiera haber en otras latitudes.

Basándonos en la poca bibliografía existente, se realiza un esquema de colecta de datos, análisis de resultados e interpretación de los mismos.

Análisis e interpretación de la información

Se seleccionaron las zonas de muestreo, luego se colectaron las muestras representativas de algodoncillo del ceibo (*Ceiba sp.*) de manera mecánica, para luego llevarlas al laboratorio SAG SAC, acreditado ante INDECOPI, para el análisis respectivo.

Los resultados se interpretaron y sirve para concluir si la hipótesis de que el ceibo sirve de indicador de fuentes de contaminación es válida o no.

Universo y Muestra

Como parte central de la investigación se tomaron muestras del algodoncillo de ceibo (*Ceiba sp.*), considerando que muchos de estos algodoncillos permanecen expuestos durante meses, posiblemente años, luego de su dehiscencia, estas tomas de muestras se llevaron a cabo a inicios del año 2008 (Chaclacayo y puntos complementarios), y en febrero de 2016 (Chaclacayo).

Técnicas de recolección de datos

Fuente externa de datos secundarios (Tesis, Libros, revistas, certámenes científicos, etc.), análisis químicos.

Recopilación de experiencias similares tanto en el Perú como en el extranjero.

El ceibo (*Ceiba sp.*) es un árbol que produce un algodoncillo entre los meses de junio y setiembre, este se mantiene expuesto a los polutantes del aire por varios meses posterior a la dehiscencia del fruto, por lo tanto, sirve de indicador cualitativo de calidad del aire debido al color que adquiere al estar expuesto a las diversas partículas del entorno. También sirve de indicador cuantitativo al retener partículas como el plomo atmosférico, proveniente de diversas fuentes, en especial de la gasolina de los vehículos que transitan por Chaclacayo, pudiendo hacerse un análisis de laboratorio para saber la concentración de este elemento. Para poder saber la concentración del plomo que se acumula en el algodoncillo del ceibo (*Ceiba sp.*) se compararán los resultados con legislación vigente respecto al parámetro suelo, debido a que este elemento se acumula en el algodoncillo expuesto de la planta, lo cual nos permitirá aproximarnos a las concentraciones que se acumulan de acuerdo al color que presentan. Se muestran las coordenadas de los puntos de evaluación empleados en 2008 (Tabla N° 1), 2016 (Tabla N° 2) y los resultados de laboratorio realizados a las diversas muestras, tanto de algodoncillo, como de tierra en 2008, (Tabla N° 3), también se comparan los resultados de laboratorio de las muestras de algodoncillo y tierra de Chaclacayo en 2016 (Tabla N° 4), comparados con la norma canadiense para calidad de suelos (agrícola), y el D.S. N° 002-2013-MINAM (suelo residencial / parques).

Se hace la comparación con normas ambientales para suelos, debido a que el algodoncillo acumula en el tiempo de exposición partículas polutantes del aire, mientras que para un análisis de calidad de aire se emplean equipos de medición para 24 horas.

Lo que se busca con este trabajo es contar con un bioindicador que nos permita tener indicios de zonas con presencia de contaminantes atmosféricos que por su constante presencia en el aire van a acumularse en el algodoncillo del ceibo y mediante ello se puede tener indicios de las fuentes de contaminación, para orientar los estudios ambientales a determinadas zonas que presenten polutantes atmosféricos acumulados en los algodoncillos.

Tabla N° 1: Puntos de monitoreo 2008

Coordenadas	Este	Norte
Punto 1 (suelo) Chaclacayo	306717	8675345

III. RESULTADOS Y DISCUSIONES

Punto 2 (suelo) Chaclacayo	307382	8675549
Punto 3 (suelo) Chaclacayo	306915	8675522
Punto 2 (algodoncillo) Chaclacayo	306938	8675406
Punto 1 (algodoncillo) Chaclacayo	307202	8675488
Algodoncillo 1 Wilson	278169	8665919
Algodoncillo 2 Wilson	278176	8665816
Algodoncillo BK (San Marcos)	273036	8665921
Algodoncillo (tupac Amaru)	276085	8676374
Punto 1 (algodoncillo) Chaclacayo	306717	8675345
Punto 2 (algodoncillo) Chaclacayo	307382	8675549
Punto 3 (algodoncillo BK) Chaclacayo	306938	8675406

Tabla N° 2: Puntos de monitoreo 2016

Coordenadas	Este	Norte
Punto 1 (algodoncillo) Chaclacayo	306938	8675406
Punto 2 (algodoncillo) Chaclacayo	307202	8675488
Punto 3 (algodoncillo) Chaclacayo	306717	8675345
Punto 4 (algodoncillo) Chaclacayo	307382	8675549
Punto 5 (algodoncillo BK) Chaclacayo	306938	8675406
Punto 1 (suelo) Chaclacayo	306717	8675345

Tabla N° 3. Comparación de resultados de las muestras tomadas y las normas canadiense y nacional para calidad de suelos 2008

Punto, Material, Zona	Valores de Pb (mg/kg)	Norma Canadiense Pb total (mg/kg) Agrícola	D.S. N° 002-2013-MINAM (mg/kg) Suelo Residencial/ Parques
Punto 1 Algodoncillo Chaclacayo (expuesto)	199.1	70	140
Punto 2 Algodoncillo Chaclacayo (expuesto)	216.4	70	140
Punto 3 Algodoncillo BK Chaclacayo (dehiscencia reciente)	2.17	70	140
Punto 1 Algodoncillo BK (San Marcos)	1.46	70	140
Punto 2 Algodoncillo 1 Wilson (expuesto)	145.57	70	140
Punto 3 Algodoncillo 2 Wilson (expuesto)	141.25	70	140
Punto 1 Algodoncillo Tupac Amaru (Av. Maestro peruano)	3.26	70	140
Punto 1 Tierra (Suelo) Chaclacayo	595.61	70	140
Punto 2 Tierra (Suelo) Chaclacayo	566.5	70	140
Punto 3 Tierra (Suelo) Chaclacayo	1765	70	140
Punto 1 Algodoncillo Chaclacayo (libre)	94.4	70	140
Punto 2 Algodoncillo Chaclacayo (dehiscencia reciente)	60.29	70	140

El año 2008, puede apreciarse que 8 de los 12 puntos evaluados presentan niveles por encima de 70 mg/kg de Pb total para suelo agrícola, considerado en la Norma Canadiense; y en 7 de

ellos los valores están por encima de lo que estipula el D.S. N° 002-2013-MINAM (140 mg/kg) de Pb total para suelo Residencial/ Parques.

Los puntos 2 y 3 de la Av. Wilson (algodoncillo) presentan niveles sobre los 140 mg/kg de pb, los puntos de tierra 1, 2, y 3 de Chaclacayo presentan niveles sobre los 140 mg/kg de pb.

Puede apreciarse que 6 de los 8 puntos evaluados en Chaclacayo presentan niveles por encima de 70 mg/kg de Pb total para suelo agrícola, considerado en la Norma Canadiense; y en 5 de ellos los valores están por encima de lo que estipula el D.S. N° 002-2013-MINAM (140 mg/kg) de Pb total para suelo Residencial/ Parques.

Tabla N° 4. Comparación de resultados de las muestras tomadas y las normas canadiense y nacional para calidad de suelos 2016

Punto	Valores de Pb (mg/kg)	Norma Canadiense Pb total (mg/kg) Agrícola	D.S. N° 002-2013-MINAM (mg/kg) Suelo Residencial/ Parques
Punto 1 CH1 Algodoncillo (dehiscencia reciente)	3.33	70	140
Punto 2 CH2 Algodoncillo expuesto	16.09	70	140
Punto 3 CH3 Algodoncillo expuesto	58.51	70	140
Punto 4 CH4 Algodoncillo expuesto	17.14	70	140
Punto 5 CH5 Algodoncillo expuesto	44.9	70	140
CHT Tierra Chaclacayo	310.63	70	140

Puede apreciarse que en todos los puntos de medición de algodoncillo de ceibo (CH1, CH2, CH3, CH4, CH5), los valores están por debajo de lo que indica como valor máximo en la Norma Canadiense para suelo agrícola (70 mg/kg de Pb total; y de lo que estipula el D.S. N° 002-2013-MINAM (140 mg/kg) de Pb total para suelo Residencial/ Parques. Sólo el punto de medición de concentración de plomo en el suelo (CHT) presenta un valor por encima de los permitido como valor máximo en ambas normas de referencia de calidad ambiental de suelos. Las diferencias en las concentraciones de plomo en el algodoncillo y en el suelo, nos hace suponer que no sólo el material particulado proveniente de la combustión de los vehiculos es el que se acumula en ellos, sino que hay otras fuentes de emisión de material particulado (plomo).

Al contener el algodoncillo del ceibo material particulado de diversas fuentes, este adquirirá diversas tonalidades, cada zona evaluada contiene algodoncillo con diversos colores y concentraciones de polutantes provenientes de diversas fuentes, como el transporte, polvo de tierra, fundiciones, industrias que emplean plomo en alguno de sus procesos.

El algodoncillo del ceibo (*Ceiba sp.*) presenta menor valor de plomo que el encontrado en el suelo, ello podría deberse a que primero capta el material dispersado en el aire y llega a una saturación, mientras que en el suelo el plomo se sigue acumulando por un tiempo prolongado, sin límite de saturación.

Los resultados de 2016, arrojan que todos los algodoncillos analizados presentan valores por debajo de lo que exigen las normas canadiense y peruana para calidad de suelos, ello podría deberse a que, a partir de 2008, entró en vigor una norma que elimina al plomo como aditivo de la gasolina en todo el país, combustible empleado por los vehículos que transitan por Chaclacayo. Solo la muestra de suelo presenta valores por encima del valor estipulado como máximo en ambas normas tomadas de referencia, lo cual podría deberse también al plomo transportado por el viento desde el oeste hacia el este.

El valor de plomo en la tierra registrado en 2016 (310.63 mg/kg), difiere significativamente respecto al registrado en el mismo punto en 2008 (1765.00 mg/kg). Sin embargo, ambos valores están por encima de lo indicado como valor máximo en la normativa canadiense y en la normativa peruana para calidad de suelos.

IV. CONCLUSIONES

- 1 El ceibo (algodoncillo) sirve como indicador de calidad ambiental (cualitativo) por el color que adquiere al estar expuesto a diferentes materiales particulados.
- 2 El algodoncillo de ceibo puede capturar diferentes partículas, las cuales quedan atrapadas en el tiempo, sirviendo de material para realizar análisis de laboratorio y saber la composición de los mismos.
- 3 Los puntos con mayor tráfico vehicular reportaron mayores niveles de Pb, no descartándose la presencia de otros materiales particulados en la atmósfera.
- 4 En 2008 los niveles de Pb, en el punto de suelo analizado en Chaclacayo, son mayores de lo estipulado en la legislación peruana, D.S. N° 002-2013-MINAM (140 mg/kg) de Pb total para suelo Residencial/Parques (puntos 1, 2 y 3).
- 5 En 2008 los niveles de Pb en el algodoncillo de ceibo (puntos 2 y 3 de la av. Wilson) son mayores de lo estipulado en la legislación peruana, D.S. N° 002-2013-MINAM (140 mg/kg) de Pb total para suelo Residencial/Parques (puntos 1, 2 y 3).
- 6 La mayor concentración de plomo en el suelo respecto al acumulado en el algodoncillo del ceibo nos indica que este último satura su capacidad de capturar concentraciones de plomo y presenta por lo tanto valores menores que el acumulado en la tierra.
- 7 La menor cantidad de concentración de plomo en los algodoncillos y tierra muestreados en 2016 respecto a los valores de 2008, indicarían que la principal fuente de emisión de polutantes aéreos con ese elemento estaba representada por los humos de los vehículos que empleaban gasolina aditivada con ese metal.
- 8 El algodoncillo del ceibo puede servir de indicador cualitativo de zonas contaminadas de acuerdo al color que presenten, lo cual serviría para priorizar zonas a intervenir. Al acumular por meses polutantes aéreos sirve además como una fuente de consulta de la acumulación de contaminantes a corto plazo.
- 9 Emplear al ceibo (*Ceiba sp.*) como un indicador de calidad ambiental de aire, toda vez que al acumular material particulado proveniente de diversas fuentes, puede servir para saber la presencia de diversos polutantes que se desplazan por el aire.
- 10 Al haber ceibo (*Ceiba sp.*) plantado en diversas zonas de lima metropolitana, éste puede servir como un bioindicador, debido a que el algodoncillo puede cambiar de color de acuerdo a la exposición a diversos materiales particulados.
- 11 Los resultados de la investigación podrán servir a las autoridades locales del distrito de Chaclacayo como herramienta para la toma de decisiones en materia de ordenamiento ambiental, y también servirá a la comuna limeña, si desearan emplear un método pasivo de monitoreo ambiental.
- 12 Los resultados pueden servir de referencia para futuras investigaciones en bioindicadores en zonas urbanas, también podría servir para priorizar zonas de

evaluación ambiental de contaminación del aire y suelo en diversas ciudades en todo el territorio nacional.

V. AGRADECIMIENTOS

Al IIGEO por permitirme presentar esta investigación.

Al Profesor Darío Benigno Blanco Roca, mi padre, por enseñarme con su ejemplo a caminar seguro y con la frente en alto en este cambiante mundo.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 Anze, Rafael., et al. (2007). Revista Virtual REDESMA, Bioindicadores en la detección de la contaminación atmosférica en Bolivia. Recuperado de: <http://www.revistasbolivianas.org.bo/pdf/rvr/v1n1/a05.pdf>
- 2 Anze, R. (1996a). *Propuesta para la implementación de una red de biomonitoreo para contaminación atmosférica en la ciudad de La Paz*. (Tesis de Maestría). Universidad Mayor de San Andrés. La Paz. 193 pp.
- 3 Fenger, J. (1999). *Urban air quality. Atmospheric Environmental* Recuperado de: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1352231099002903>
- 4 Guderian, R. (1985). *Air Pollution by Photochemical Oxidants*. Berlin. Alemania. Edit. Springer-Verlag.
- 5 Hernández, A. (2005). *Glosario de términos clave relacionados con un urbanismo y una arquitectura más sostenibles realizados en el Departamento de Urbanismo y Ordenación del Territorio de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid, desarrollado a lo largo del curso de doctorado Por una ciudad más sostenible. El Planeamiento Urbano frente al Paradigma de la Sostenibilidad*. Recuperado de: <http://hi.ee.upm.es/tajo4/a-bioindicadores.html#fntext-1>
- 6 Klumpp, A., W. Ansel, & G. Klumpp (2004). *EuroBionet*, European network for the assessment of air quality by the use of bioindicator plants. Reporte Final. Universidad de Hohenheim. Stuttgart, Alemania.
- 7 Ministerio del Ambiente-MINAM (2013). Decreto Supremo N° 002 que aprueba estándares de calidad ambiental (ECA) para suelo. Recuperado de: <http://www.minam.gob.pe/calidadambiental/wp-content/uploads/sites/22/2013/10/D-S-N-002-2013-MINAM.pdf>
- 8 Ministerio de Salud. Dirección General de Salud-DIGESA. Concentración Mensual de los Contaminantes Atmosféricos durante el año 2007 por Estaciones. Recuperado de: <http://www.digesa.minsa.gob.pe/DEPA/caire/2007.asp>
- 9 Pignata, M.L. (2003). Curso sobre Empleo de biomonitores en estudios de contaminación atmosférica. Auspiciado por Swiss Contact, IBTEN, Instituto de Ecología, La Paz, Bolivia.
- 10 VDI. (1999) Biologische Messverfahren zur Ermittlung und Beurteilung der Wirkung von Luftverunreinigungen auf Pflanzen (Bioindikation). Grundlagen und Zielsetzung. Norma 3957, Hoja 1. Berlín: Beuth Verlag GmbH
- 5 Hernández, A. (2005). *Glosario de términos clave relacionados con un urbanismo y una arquitectura más sostenibles realizados en el Departamento de Urbanismo y Ordenación*