

BIOMONITOREO DE METALES PESADOS EMPLEANDO HERRAMIENTAS DEL SIG EN EL VALLE DEL ABURRA

Margarita Ramírez C.^{*†}, Juan C. Oviedo L.^{*}, Silvio Salazar M.^{**}, William Giraldo A.^{*}

^{*}*Centro de Estudios y de Investigación en Biotecnología (CIBIOT), Universidad Pontificia Bolivariana, Cq. 1 #70-01, Bloque 11, Medellín, Colombia.*

^{**}*Facultad de Ingeniería Mecánica, Universidad Pontificia Bolivariana, Cq. 1 #70-01, Bloque 11, Medellín, Colombia.*

Recibido 10 Marzo 2008; aceptado 30 Mayo 2008
Disponible en línea: 27 Junio 2008

Resumen: En este estudio se empleó el pseudoliquen *Tillandsia usneoides* como indicador de la calidad del aire. La planta fue ubicada en las 20 estaciones de monitoreo de la red de calidad de aire, REDARIE y se cuantificaron las concentraciones de los metales magnesio, cobre, hierro y calcio. Los datos obtenidos fueron procesados en el software Arc View 8.1. Las zonas con mayor concentración de metales pesados fueron Sabaneta y La Estrella, estaciones ubicadas en el sur de la zona evaluada. En general, las captaciones fructuaron así: 2.6 -1427.5 µg Cu/g planta, 2.7-5637.6 µg Fe/g planta, 40.1-296.9 µg Ca/g planta y 3206.6- 20876.4 µg Mg/g planta. *Copyright © 2007 UPB.*

Abstract: This study was used pseudoliquen Spanish moss as an indicator of air quality. The plant was located in the 20 monitoring stations of the network of air quality, REDARIE were quantified concentrations of metals magnesium, copper, iron and calcium. The data were processed in Arc View 8.1 software. The areas with higher concentrations of heavy metals were Sabaneta and La Estrella, stations located in the south of the Area of study. In general, heavy metal concentrations were in the following ranges: 6 -1427.5 µg Cu/g plant, 2.7-5637.6 µg Fe/g plant, 40.1-296.9 µg Ca/g plant y 3206.6- 20876.4 µg Mg/g plant

Keywords: Bioindicadores, SIG, *Tillandsia usneoides*, Heavy Metals

[†] Autor correspondiente.
Tel. (+574) 4159020 ext 6791, fax 4118779.
E-mail: margarita.ramirez@upb.edu.co (Margarita Ramírez C.).

1. INTRODUCCIÓN

La creciente industrialización, así como las actividades diarias del ser humano, incrementan las concentraciones de los metales pesados en el ambiente. Estos contaminantes ingresan por inhalación e ingestión en los seres vivos; una vez incorporados a los tejidos, los metales son capaces de reaccionar con una gran variedad de sustancias, afectando el sistema periférico, el sistema nervioso central, las células en la sangre y el metabolismo de vitamina D y calcio ([Wark et al, 1992](#); [Lentech, 2004](#); [Leahey y Rideout, 1998](#))

Existe un principio ecológico según el cual cualquier ser vivo, organismo o comunidad, son reflejo del medio en el que crece y se desarrolla, por lo tanto su observación puede ser un indicador de la calidad o de las características del medio que lo rodea.

Los bioindicadores son organismos o comunidades, cuyas funciones vitales se correlacionan tan estrechamente con determinados factores ambientales, que pueden ser empleados como en la certificación de un área determinada. Esta definición incluye conscientemente la indicación de comportamientos naturales, por ejemplo, en la agricultura, donde se puede inferir sobre características de una región solamente con la presencia o ausencia de ciertas especies vegetales ([Oviedo, 2004](#)).

Los bioindicadores pueden ayudar en la identificación de problemas ecológicos, en los cambios y tendencias en la calidad general del ecosistema y en la predicción de efectos en la naturaleza ([Lim et al, 2006](#); [Munzi et al., 2007](#)). Además, los bioindicadores son empleados para establecer la presencia de contaminantes, relacionar las dosis de éstos con la respuesta del receptor, diseñar la distribución espacio - temporal del contaminante y medir su acumulación, tales como: gases, material particulado, metales pesados, entre otros. ([Rodrigues et al, 2002](#); [Mulgrew et al, 2000](#); [Rossbach et al, 1999](#); [Klumpp et al, 1996](#); [Fernández et al, 1999](#))

Las facilidades de equipos y metodologías para evaluar la calidad del aire han permitido una cuantificación continua de la contaminación atmosférica en cuanto a material particulado y gases tales como NO₂, SO₂ y H₂S, y de forma

puntual la evaluación del monóxido de carbono; sin embargo no se conocen estudios en Colombia para monitorear los metales pesados que a diario se cree incrementan debido a procesos industriales como: cementeras, siderúrgicas, alimenticias, ladrilleras entre otras, ubicadas en áreas Metropolitanas y zonas urbanas colombianas.

Una alternativa para cuantificar los metales pesados en el aire consiste en emplear bioindicadores; esta forma de evaluación de la calidad ambiental, se ha venido realizando en países poco industrializados como Costa Rica y países como Brasil ya más industrializados. En el primer trabajo se cuantificaron metales como Pb, Cd y Cu, empleando una especie de bromeliáceas, mientras que el segundo fue más un biomonitoreo cualitativo empleando plantas nativas.

Colombia a pesar de su gran biodiversidad y conocimiento en monitoreos ambientales, no ha evaluado la contaminación ambiental por metales pesados en el ambiente con bioindicadores, por lo que se presenta una alternativa para dar solución al déficit de evaluación de calidad ambiental en metales pesados.

El bioindicador *Tillandsia usneoides* pertenece a la familia de las bromeliáceas, usnea es una especie de liquen de donde *Tillandsia* toma su nombre. Es una planta epífita, que vive en arboles u otra clase de sustratos inertes, absorbiendo agua y nutrientes directamente del aire. Debido a su morfología y características fisiológicas, esta especie acumula contaminantes presentes en la atmosfera. ([Figueiredo et al, 2007](#); [Minelli et al., 1996](#)). La distribución de esta especie es bastante amplia y con gran abundancia, se encuentran desde Virginia (EEUU), hasta la Argentina, salvo en las selvas húmedas, aunque necesitando humedad también requieren de la luz del sol y movimiento del aire

Diferentes especies de *Tillandsia* se han empleado para biomonitoreo en diferentes países ([Minelli et al., 1996](#)). En Brasil, fue empleada para biomonitorear la contaminación atmosférica de mercurio, en Costa Rica para determinar plomo, cadmio y cobre ([Figueiredo et al, 2007](#); [Minelli et al., 1996](#))

En este estudio se empleó la *Tillandsia usneoides* para captar Cu, Fe, Ca, Mg en el casco urbano del Valle de Aburrá. Las plantas fueron transplantadas desde sitios libres de contaminación hacia 20 puntos de muestreo. Los datos de captación fueron correlacionados con la dirección y velocidad de los vientos y se procesaron en el software Arc View. 8.1.

2. MATERIALES Y METODOS

2.1. Bioindicador

El bioindicador seleccionado fue el pseudoliquen *Tillandsia usneoides*. Las plantas fueron trasplantadas desde sitios libres de contaminación hacia 20 puntos de muestreo del Valle del Aburrá,

En cada punto de muestreo se ubicaron 4 pseudoliquenes para cuantificar los metales en los tiempos: 3, 6, 9 y 12 meses. Además se contaba con plantas de control.

2.2. Cuantificación de los metales en *Tillandsia usneoides*

Los metales evaluados fueron Cu, Fe, Ca y Mg. Estos fueron cuantificados por el método de espectrofotometría de absorción atómica, en un espectrofotómetro Perkin Elmer 3100, previa digestión ácida Tecator ([Calasans y Malm, 1996](#)); el procedimiento fue el siguiente:

- Adicionar 10 mL de HNO₃ concentrado y 4 mL de HClO₄ concentrado a la muestra.
- Calentar la solución hasta que la materia orgánica se disuelva y continuar el calentamiento hasta obtener un volumen aproximado de 3 mL.
- Dejar enfriar la solución hasta que alcance la temperatura ambiente, diluir la muestra con agua destilada (aproximadamente con 10 mL) y filtrar en un matraz de 50 mL realizando enjuagues al beaker con agua destilada y filtrando.
- Aforar y agitar de 25 a 30 veces.
- Para que la muestra no se salga de los estándares se hacen diluciones de la solución anterior que pueden ser 1:10, 1:50 y 1:100.

- llevar las muestras al espectrofotómetro de absorción atómica.

2.3. Datos de velocidad y dirección de vientos y Procesado de datos en el Software

Los datos meteorológicos de velocidad del viento para la realización del estudio fueron suministrados por el IDEAM de la estación del Aeropuerto Enrique Olaya Herrera de Medellín.

Se realizó el ingreso y procesamiento de datos, edición de mapas, construcción de la red de puntos y ubicación de zonas industriales, empleando el software Arg View. 8.1.

Para el desarrollo del proyecto fue necesario obtener las imágenes de la Misión de Radar Topográfico del Transbordador Espacial (SRTM) de la Administración Nacional de Aeronáutica y del Espacio (NASA), se necesitaron dos imágenes para que el área correspondiente al Área Metropolitana quedara completamente abarcada.

Empleando ArcView 8.1 se convirtió la imagen en un shapefile, y luego utilizando las herramientas de análisis se convirtió la imagen en un mapa de elevación digital. Allí se desarrollo una geodatabase que tuviera la información de los resultados de los diferentes biomonitoreos, lo que permitió cruzar información de campo con la información espacial.

3. RESULTADOS Y DISCUSION

Los metales de interés fueron analizados en los pseudoliquenes, después de su exposición en el ambiente durante 3, 6, 9 y 12 meses, como se describio anteriormente. En la [Fig. 1](#) se presentan los resultados de captación de metal por gramo de *Tillandsia usneoides* para los metales Cu, Fe, Ca y Mg durante el biomonitoreo y su correlación con la velocidad y dirección de los vientos. Se muestra la rosa de los vientos para el primer, segundo, tercer y cuarto trimestre del año 2003 en el que se realizo el estudio. Ver [Fig. 1](#).

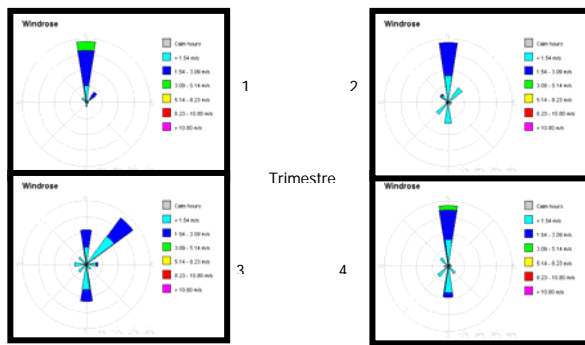


Fig. 1. Rosa de los vientos para el primero, segundo, tercero y cuarto trimestre del estudio y su relación con las captaciones de Cu, Fe, Ca y Mg.

3.1. Biocaptaciones de Cobre

Las captaciones de cobre en el año 2003 fluctuaron entre 2.6 -1427.5 $\mu\text{g Cu/g}$ planta.

La mayor captación de cobre se presentó a los 12 meses del biomonitoreo con un valor de 1427.480 μgr de metal/gr de Planta en U.P.B. Similar al caso del plomo, las concentraciones más considerables se dieron a los 12 meses del biomonitoreo y los otros puntos destacados fueron la Universidad de Antioquia, el Municipio de Itagüí y el Municipio de Barbosa con unas captaciones de 264.220 μgr de metal/gr de Planta, 220.280 μgr de metal/gr de Planta y 218.340 μgr de metal/gr de Planta respectivamente. A los nueve meses la captación más relevante fue en la Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín (Unalmed) con una captación de 117.300 μgr de metal/gr de Planta, mientras que en los 6 meses la U. P. B. tiene una captación de 136.300 μgr de metal/gr de Planta. Durante los tres primeros meses de biomonitoreo, solo guayabal arrojó un valor de captación destacado de 15.720 μgr de metal/gr de Planta

Estos valores de cobre pueden ser producto de las emisiones por la industria de la zona que los emplea en la fabricación de fertilizantes para la agricultura, la horticultura; también en la preservación de madera, en la distribución eléctrica, en sistemas de encaquetados, en recubrimiento de tuberías, en los equipos domésticos, industrial y analítico, en industrias que empleen aleaciones, en procesos de

galvanoplastias, entre otros, por lo tanto, se cree que las emisiones de los procesos anteriores pueda ser la fuente de contaminación del aire por cobre. (Playford y Baker, 1999). Ver Fig. 2.

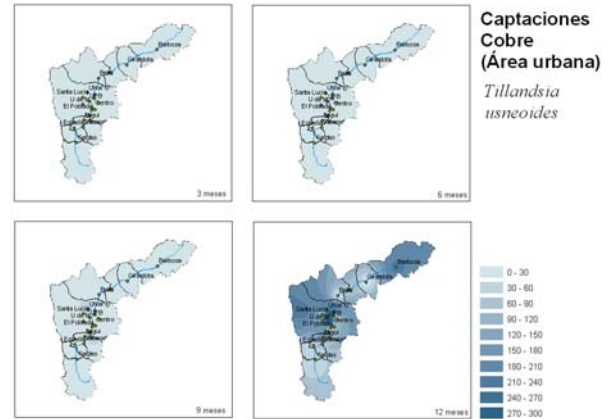


Fig. 2. Captaciones de cobre durante el monitoreo

3.2. Biocaptaciones de Hierro

En el estudio de biocaptaciones con la *Tillandsia usneoides*, las variaciones de hierro durante el año fueron de 2.7-5637.6 $\mu\text{g Fe/g}$ planta. Ver Fig. 3.

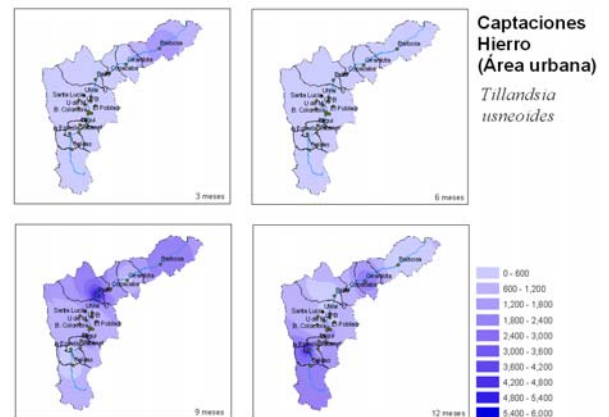


Fig. 3. Captaciones de hierro durante el monitoreo

El valor de hierro más alto durante el mes de biomonitoreo fue de 5637.621 μgr de metal/gr de Planta en el Municipio de Bello a los 9 meses del estudio. Durante este mismo periodo, se destacan los puntos de Guayabal y Barbosa con unas captaciones de 2299.812 y 2110.847 μgr de

metal/gr de Planta respectivamente. Los doce meses de biomonitorio arrojaron valores destacados en el Municipio de La Estrella con una captación de 4907.488 μgr de metal/gr de Planta, el Municipio de Girardota con una captación de 2566.691 μgr de metal/gr de Planta y el Municipio de Caldas con una captación de 2349.821 μgr de metal/gr de Planta. En los seis meses de estudio la U.P.B arrojó una captación sobresaliente de 164.931 μgr de metal/gr de Planta y en los tres meses el Municipio de Barbosa con una captación de hierro de 1627.325 μgr de metal/gr de Planta. El hierro en esas zonas pueden provenir de minerales y sus emisiones son provenientes principalmente del polvo transportado del suelo y de procesos de fundición que hay en estas zonas.

3.3. Biocaptaciones de Magnesio y Calcio

El estudio de biocaptaciones con bioindicadores señalo que el magnesio presento un rango de 3206.6- 20876.4 μg Mg/g planta, mientras que el rango de calcio fue de 40.1-296.9 μg Ca/g planta. En Guayabal se presento la captación mas alta de calcio que fue 296.889 μgr de metal/gr de Planta a los nueve meses de análisis. Durante este mismo periodo, las captaciones que arrojaron el Municipio de Caldas con una captación de 220.440 μgr de metal/gr de Planta y Barrio Colombia, Barrio El Poblado, El Municipio de Sabaneta y El Centro de Medellín con una concentración de 160.320 μgr de metal/gr de Planta. En los doce meses las concentraciones más altas se presentaron en el Municipio de Itagüí y la Universidad de Medellín con una captación de 240.480 μgr de metal/gr de Planta. A los 9 meses, el valor mas destacado fue el del Municipio de Sabaneta con una captación de 240.480 μgr de metal/gr de Planta y el Municipio de Caldas con una captación de 213.760 μgr de metal/gr de Planta. Los primeros tres meses de estudio, los valores más altos se dieron en el Municipio de Copacabana y la Universidad de Medellín.

El Centro de Medellín arrojó una captación de 20876.477 μgr de metal/gr de Planta, que fue la mas alta durante todo el monitoreo, a los tres meses de estudio. En este mismo periodo los Municipios de Bello e Itagüí fueron los valores que le siguieron con unas captaciones de 14182.248 μgr de metal/gr de Planta y 12763.633

μgr de metal/gr de Planta respectivamente. Para los seis meses de biomonitorio se destacan las captaciones arrojadas por El Barrio Colombia, el Centro de Medellín y la U. P. B con los valores respectivos de 16884.645 μgr de metal/gr de Planta, 13358.369 μgr de metal/gr de Planta y 9551.06 μgr de metal/gr de Planta. Durante los nueve meses de estudio sobresalen el Centro de Medellín con una captación de 12215.525 μgr de metal/gr de Planta, El Municipio de Girardota con una captación de 9801.816 μgr de metal/gr de Planta. En el Este de Medellín se presento a los doce meses de biomonitorio, la captación mas alta durante este periodo con un valor de 6136.220 μgr de metal/gr de Planta. Sobresalen también a los doce meses los Municipios de la Estrella y Caldas con unas captaciones de 5342.755 μgr de metal/gr de Planta y 5311.357 μgr de metal/gr de Planta respectivamente.

Las principales fuentes de Ca y Mg de este estudio probablemente provienen de las industrias alimenticias y de materiales de playa, además, las plantas en sus procesos liberan estos dos metales. Estudios realizados muestran la aplicación del método Monte Carlo a los datos experimentales para determinar y caracterizar las diversas fuentes de metales pesados. (Kuik et al, 1999). Ver Fig. 4 y 5.

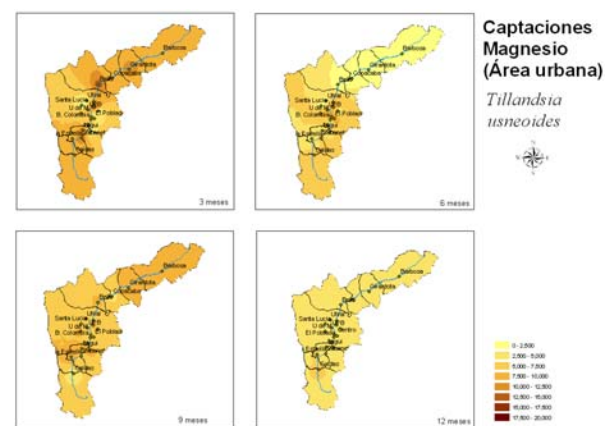


Fig. 4. Captaciones de magnesio durante el monitoreo

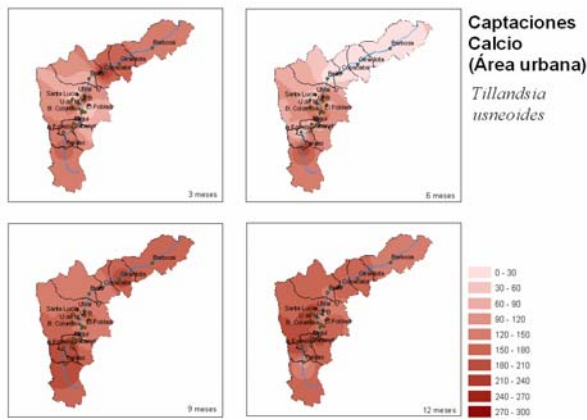


Fig. 5. Captaciones de calcio durante el monitoreo

De acuerdo con los resultados obtenidos la *Tillandsia usneoides* capta eficientemente Cu, Fe, Ca y Mg, (Mulgrew et al, 2000; Nali et al, 2006) observaron que la contaminación del aire por metales pesados tiene efectos bioquímicos y fisiológicos en las plantas, estos últimos son visibles y evidente en el follaje de las hojas, donde a los doce meses de muestreo el color de la planta y la estructura esta gastada y seca, similar a lo presentado por (Mulgrew et al, 2000) donde los efectos en el crecimiento fueron detectados como respuesta a la contaminación del aire.

Todos los metales son parte importante en el metabolismo y en la fisiología de la planta, al parecer la oscilación de las concentraciones de metales pesados en el biomonitoreo puede estar asociada a la necesidad de la planta en determinadas situaciones ambientales, tales como los vientos y precipitaciones. La interpretación de los datos obtenidos depende de esos factores, sin embargo, la acumulación del metal en las *Tillandsia usneoides* puede reflejar el grado relativo de la carga y de su dispersión (Figueiredo et al, 2007)

En este estudio solo se contaba con la estación de Olaya Herrera, por lo que la correlación con los datos de captaciones de los metales con la dirección y velocidad de los vientos no fue directa. En el Valle del Aburrá las montañas y la trayectoria del río contribuyen a que la dirección del viento sea cambiante en un mismo período, dependiendo de la posición que se encuentre dentro del Valle; adicionalmente el efecto natural montaña-valle hace que las corrientes de aire frío desciendan por las laderas de las montañas y

sigan la dirección del río. Por esta razón la dirección de los vientos de una sola estación meteorológica no es de apoyo suficiente para la extensión de terreno que se cubrió en el estudio. Cualquier corriente de aire lleva consigo material particulado, este contiene metales pesados, como lo presenta el estudio realizado por Rossabach y sus colaboradores en el año 1999, con esos resultados es necesario implementar una estación meteorológica para cada sitio de biomonitoreo, para correlacionar los datos de captación versus velocidad y dirección de los vientos. Las captaciones de cada uno de los metales se muestran a continuación.

4. CONCLUSIONES

Las captaciones más relevantes para cada metal fueron: 1427.5 µg Cu/g planta; 5637.6 µg Fe/g planta; 296.9 µg Ca/g planta y 20876.8 µg Mg/g planta.

Las correlaciones de las captaciones de los metales pesados con la dirección de los vientos aunque no se lograron determinar para cada estación del biomonitoreo, se observa la influencia de los vientos y sus direcciones en las estaciones ubicadas hacia el sur, donde estos son predominantes.

Las zonas más altas y alejadas del río, presentan menor concentración de metales: El Poblado, Santa Lucía, Buenos Aires, U. Nacional. De otro lado, los ciclos climatológicos del Valle de Aburrá son de tres meses y se observa que por lo general, después de un período de lluvia las concentraciones de metal son menores.

Las concentraciones en los períodos de vacaciones son menores (junio, diciembre) y las zonas con mayor contenido de metales pesados son Bello, La Estrella y Sabaneta

AGRADECIMIENTO

Los autores expresan sus agradecimientos a COLCIENCIAS / Colombia, al CIBIOT/UPB y a REDAIRE, Medellín, Colombia.

REFERENCIAS

- Calasans CF, Malm O. Plant sample digestion for mercury analysis by atomic absorption spectrophotometry with a cold vapour generation accessory AAS-VGA). *Ciencia e Cultura* 1996; 49 (3):in press.
- Fernández Maeso, M.C. Subrá Muñoz de La Torre, Et al. La miel, indicador ambiental. I Congreso de la Sociedad Española de Agricultura Ecológica. Toledo, septiembre de 1994
- Figueiredo, A.M.G. Nogueira, C.A. Saiki, m. Milian, F. M. Domingos, M. Assessment of atmospheric metallic pollution in the metropolitan region of Sao Paulo, Brazil, employing *Tillandsia usneoides* L. as biomonitor. *Environmental Pollution* 145 (2007) 279 - 292
- Klumpp, A., Klumpp, G. And Domingos, M., Assessment of the vegetation risk by fluoride emission from fertiliser industries at Cubatão, Brazil. *Environmental pollution* . v. 85. p 219-228 1996
- Komarnicki, Günter J.K. Lead and cadmium in indoor air and the urban environment. *Environmental Pollution* 136 (2005) 47 – 61
- Kuik, P. Blaauw, M. Sloof, J. E. Wolterbeek, H. Th.. *The Use Of Monte Carlo Methods In Factor Analysis Atmospheric Environment* Vol. 27a, No. 13, Pp. 1967-1974, 1999.
- Leahey, D. Franklin, N. Rideout, G. Calidad del Aire Ambiente Urbano. Informe Arpel, Octubre 1998. 175p
- Leentech (2004). Metales Pesados. En Linea.. <http://www.lenntech.com/espanol/metales%20pesados.htm>. Consultado en 2004 01-05
- Lim, T.B. Xu, R. Tan, B. Obrad, J. P. Persistent organic pollutants in moss as bioindicators of atmospheric pollution in Singapore. *Chemosphere* 64 (2006) 596–602
- Minelli, A., Ravanelli, M., Brighinal, L y Tubertini, O. 1996. Evaluation of heavy metal bioaccumulation efficiency by different species of *Tillandsia* in arenal volcano area. Congreso Interamericano del Medio Ambiente.
- Minelli, A., Ravanelli, M., Brighinal, L y Ercoli, L. 1997. The use an epiphyte (*Tillandsia caput – medusae morren*) as bioindicator of air pollution in Costa Rica. *The Science of the Total Enviromenent*. v. 198. p 176-180.
- Mulgrew, Angela. Williams, Peter. *Biomonitoring of Air Quality Using Plants. II HEAVY METALS. Higher plants*. Pg: 45-57. WHO Collaborating Centre for Air Quality Management and Air Pollution Control (WHO CC) 2000
- Munzi, S. Ravera, S. Caneva, G. Epiphytic lichens as indicators of environmental quality in Rome. *Environmental Pollution* 146 (2007) 350 – 358
- Nali, C. Balducci, E. Frati, L. Paoli, L. Loppi, S. Lorenzini, G. Integrated biomonitoring of air quality with plants and lichens: A case study on ambient ozone from central Italy. *Chemosphere* 67 (2007) 2169–2176
- Oviedo L, Juan C. Cuantificación de metales pesados en el ambiente usando bioindicadores (*Tillandsia usneoides*). Tesis de Maestría en Biotecnología, UPB, Medellín. 104 p
- Playford, K. Baker, S. J. Atmospheric Inputs of Heavy Metals to the North Sea: Results for 1996 to 1998. Department of the Environment, Transport and the Regions; the Scottish Executive; the National Assembly for Wales and the Department of the Environment in Northern Ireland
- Rodrigues, Wanderley. Bastos,,Márlon de Freitas Fonseca, Fernando Neves Pinto, Mauro de Freitas Rebelo, Sérgio Silva dos Santos, Ene Glória da Silveira, João Paulo Machado Torres, Olaf Malm, and Wolfgang Christian Pfeifferb. Mercury persistence in indoor environments in the Amazon Region, Brazil. Short Communication. *Environmental Research* ARTICLE IN PRESS
- Roszbach, M., Jayasekera, G., Kniewald, G. Thang, N.H. Large scale air monitoring: lichen v.s air particulate matter analysis. En:

The Science of the Total Environment, Vol
232, p 59-66. 1999

Wark, K. Warner. Contaminación del aire.
Origen y control. Limusa. Grupo Noriega
Editores. 650 p 1992.

SOBRE LOS AUTORES

Margarita Ramírez

Profesora de la Universidad Pontificia Bolivariana en la Facultad de Ingeniería Química. Doctora en Ciencias de la Universidad Federal de Rio de Janeiro. Directora de Centro de Estudios e Investigación en Biotecnología, CIBIOT. Trabaja en temas de bioprocesos y biotecnología ambiental.

Juan Oviedo

Investigador del CIBIOT y adscrito a la Facultad de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Pontificia Bolivariana. Magíster en Biotecnología y Estudiante de doctorado en ciencias farmacéuticas y alimentarias de la Universidad de Antioquia. Las áreas de trabajo son Bioprocesos y transformación de residuos agroindustriales por métodos biológicos.

Silvio Salazar

Profesor de la Facultad de ingeniería mecánica de la Universidad Pontificia Bolivariana. Es especialista en el manejo de Arc View.

William Giraldo

Profesor de la Facultad de ingeniería mecánica de la Universidad Pontificia Bolivariana e investigador ocasional del CIBIOT. Actualmente adelanta estudios de doctorado en la UPB.