

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental



Una Institución Adventista

**Cuantificación de elementos traza presentes en el aire
usando especies de Tillandsia como Biomonitores**

Por:

Luis Saul Peña Vera
Iveth Sheyla Ordoñez Luera

Asesor:

Mg. David Andres Sumire Qqunta

Lima, agosto de 2020

ANEXO 07 DECLARACIÓN JURADA DE AUTORIA DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Mg. David Andres Sumire Qqenta, de la Facultad Ingeniería, escuela profesional de Ingeniería Ambiental, de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que el presente informe de investigación titulado: ***“Cuantificación de elementos traza presentes en el aire usando especies de tillandsia como Biomonitores”*** constituye la memoria que presenta el estudiante **Luis Saul Peña Vera** para aspirar al Grado de bachiller en Ingeniería Ambiental cuyo trabajo de investigación ha sido realizado en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

Las opiniones y declaraciones en este informe son de entera responsabilidad del autor, sin comprometer a la institución.

Y estando de acuerdo, firmo la presente constancia en *Lima*, a los 20 días de agosto del año 2020

A handwritten signature in black ink, appearing to read "David Sumire", enclosed within a large, loopy circular flourish.

Mg. David Andres Sumire Qqenta

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

En Lima, Ñaña, Villa Unión, a.....30..... día(s) del mes de.....julio.....del año ..2020.. siendo las.....16:40... horas, se reunieron los miembros del jurado en la Universidad Peruana Unión campus Lima, bajo la dirección del (de la) presidente(a):
Mg. Milda Amparo Cruz Huaranga.....,el(la) secretario(a):
 Ing. Orlando Alan Poma Porras..... y los demás miembros:
Ing. Josue Isac Carrillo Espinoza, Mg. Javier Raúl Condor Huamán.....
y el(la) asesor(a) Mg. David Andres Sumire Qqenta.....
con el propósito de administrar el acto académico de sustentación del trabajo de investigación titulado: Cuantificación de elementos traza presentes en el aire usando especies de *Tillandsia* como Biomonitores.....

.....de los (las) egresados (as): a) Luis Saul Peña Vera.....
b) Iveth Sheyla Ordoñez Luera.....
conducente a la obtención del grado académico de Bachiller en
Ingeniería Ambiental.....
(Denominación del Grado Académico de Bachiller)

El Presidente inició el acto académico de sustentación invitando.... a los.... candidato(a)/s hacer uso del tiempo determinado para su exposición. Concluida la exposición, el Presidente invitó a los demás miembros del jurado a efectuar las preguntas, y aclaraciones pertinentes, las cuales fueron absueltas por....los.... candidato(a)/s. Luego, se produjo un receso para las deliberaciones y la emisión del dictamen del jurado.

Posteriormente, el jurado procedió a dejar constancia escrita sobre la evaluación en la presente acta, con el dictamen siguiente:

Candidato/a (a): Luis Saul Peña Vera.....

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
APROBADO	18	A-	Muy Bueno	Sobresaliente

Candidato/a (b): Iveth Sheyla Ordoñez Luera.....

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
APROBADO	18	A-	Muy Bueno	Sobresaliente

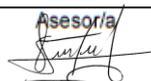
() Ver parte posterior*

Finalmente, el Presidente del jurado invitó.... a los.... candidato(a)/s a ponerse de pie, para recibir la evaluación final y concluir el acto académico de sustentación procediéndose a registrar las firmas respectivas.

Presidente/a



Secretario/a



Asesor/a

Miembro

Miembro

Candidato/a (a)

Candidato/a (b)

Cuantificación de Elementos Traza presentes en el Aire usando Especies de *Tillandsia* como Biomonitores

Quantification of trace elements present in the air using *Tillandsia* species as Biomonitors

¹*ORDOÑEZ LUERA, IVETH SHEYLA - ¹*PEÑA VERA, LUIS SAUL

Universidad Peruana Unión, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, EP. Ingeniería Ambiental

Resumen

La atmósfera constituye uno de los componentes del medio ambiente más vulnerable a la acción directa del hombre, lo cual ha ocasionado el incremento de las concentraciones de elementos traza entre los que se encuentran los metales pesados, por lo tanto, el objetivo de esta investigación es desarrollar una revisión Bibliográfica de la cuantificación de elementos traza presentes en el aire usando *Tillandsia* como biomonitor de la contaminación del aire. Las plantas epifitas entre ellas la *Tillandsia*, se presenta como excelente herramienta para el biomonitoreo, ya que obtienen minerales y nutrientes desde el aire y no desde un sustrato. De la revisión se concluye que el Biomonitoreo con Especies de *Tillandsia* ha demostrado ser una herramienta adecuada para evaluar la calidad del Aire, ya sea en zonas urbanas, industriales o residenciales; en relación con los métodos convencionales, presenta la ventaja de bajo costo y posibilidad de uso en grandes áreas.

Palabras clave: *Tillandsia*, contaminación del aire, calidad del aire, biomonitor, elementos traza.

Abstract

The atmosphere constitutes one of the components of the environment most vulnerable to the direct action of man, which has caused the increase in the concentrations of trace elements among which are heavy metals, therefore, a Bibliographic review of the quantification of trace elements present in the air using *Tillandsia* as a biomonitor of air pollution. Epiphytic plants, including *Tillandsia*, is presented as an excellent tool for biomonitoring, since they obtain minerals and nutrients from the air and not from a substrate. From the review it is concluded that Biomonitoring with *Tillandsia* Species has proven to be an adequate tool to assess Air quality, whether in urban, industrial or residential areas; relative to conventional methods, it has the advantage of low cost and possibility of use in large areas.

Key word: *Tillandsia*, air pollution, air quality, biomonitor, trace elements.

*Correspondencia de autores: km. 19 Carretera Central, Ñaña, Lima. E-mail: ivethordonez@upeu.edu.pe,
luispena@upeu.edu.pe

INTRODUCCIÓN

La contaminación ambiental es uno de los más grandes e importantes problemas que afecta a la sociedad del siglo XXI; la pérdida de la calidad del aire, del recurso hídrico y de los suelos disponibles, se ha elevado exponencialmente (Reyes et al., 2016). La contaminación del aire, representa un riesgo ambiental significativo que afecta directamente la salud humana, y por lo que es la causa de muertes prematuras, enfermedades a la piel, sangre y respiratorias (Bedregal et al., 2009). Según la Organización Mundial de la Salud, el aire está contaminado cuando en su composición, se encuentran una o varias sustancias extrañas, y que en un periodo de tiempo estas se convierten en nocivas para toda forma de vida en la tierra (Hugo et al., 2011). Determinar y cuantificar la presencia y concentración de contaminantes en el aire constantemente, suelen ser difíciles debido a los altos costos de equipos de monitoreo, infraestructuras específicas y requerimientos de energía eléctrica. Para medir la calidad del aire, existen equipos y métodos establecidos, que permiten determinar el nivel de contaminación atmosférica, a través de concentraciones de contaminantes criterio; asimismo, existen bioindicadores que permiten caracterizar en un tiempo corto, barato y eficaz la calidad del aire. En varios países del mundo se han ido desarrollando el uso de estos, con la finalidad de usarlos como herramienta rutinaria para diagnóstico, monitoreo y gestión de la calidad del aire (Gonzales et al., 2016), el empleo de biomonitores en estudios de contaminación del medio ambiente, tiene muchas ventajas, los cuales están relacionados con la sencillez del muestreo, grado de acumulación y uso de equipos económicos (Bedregal et al., 2009). Líquenes, musgos y *Tillandsia*, han sido aplicados satisfactoriamente como bioacumuladores en estudios de contaminación ambiental. Las *Tillandsias*, son estimadas como una buena alternativa para biomonitorizar el Medio Ambiente, esto debido a que requiere agua y nutrientes en mínima cantidad, y todas sus necesidades la toma del aire a través de sus hojas (Bedregal et al., 2009) El objetivo del presente trabajo de investigación es recopilar información a través de una Revisión Bibliográfica de la cuantificación de elementos traza presentes en el aire usando especies *Tillandsia* como Biomonitores.

Contaminación y Calidad del Aire

El aire es una mezcla múltiple de muchas sustancias, siendo las principales, el nitrógeno, oxígeno, y vapor de agua, y en menor cantidad se encuentra el dióxido de carbono, metano, hidrógeno, argón y helio (Matus C. & Lucero CH., 2002).

El aire es un elemento indispensable para el desarrollo del hombre, animales y vegetación; cuando la atmósfera no es capaz de limpiarse por sí misma mediante la lluvia y el viento, nos da a entender que existen problemas de contaminación del aire; la presencia de uno o más contaminantes en la atmósfera en cantidades y duraciones que pueden afectar a los seres humanos, animales y plantas, y que interfiera con el disfrute de la vida, se le define a la contaminación atmosférica. Los contaminantes del aire se clasifican según su origen, estos pueden ser primarios cuando se encuentran en la atmósfera de forma idéntica a como fueron emitidos y que no hayan

sufrido alteración en su estructura molecular original, y secundarios cuando son producto de reacciones químicas ocurridas en la atmosfera entre contaminantes primarios (Cuadrado, 2011).

La contaminación del aire actualmente, es parte de los problemas ambientales más relevantes mundialmente; está presente en todas las sociedades, sin tener en cuenta el grado de crecimiento económico y social, lo que constituye un evento de particular de incidencia en la salud humana; la contaminación hace referencia a la modificación no deseada del ambiente, producto de la introducción de agentes extraños, ya sean físicos, químicos o biológicos en cantidades superiores a las naturales, que suele ser perjudicial para la salud humana, deteriorando los recursos naturales y alterando el equilibrio ecológico (Romero et al., 2006).

La atmósfera constituye uno de los componentes del medio ambiente más vulnerable a la acción directa del hombre, lo cual ha ocasionado el incremento de las concentraciones de un grupo de elementos traza entre los que se encuentran los metales pesados (Estévez et al., 2011).

(Alarcón, 2009) “Define a los elementos traza como aquellos elementos que, aunque presentes en cantidades muy pequeñas, en los tejidos corporales, son nutrientes esenciales por desempeñar una serie de funciones indispensables para mantener la vida. Sus ingresos inadecuados deterioran las funciones tisulares, y por lo general, producen la enfermedad”.

Para (Rodamilans & Bachs, 1984), “los elementos traza son importantes indicadores de impregnación tóxica y se incorporan al organismo por contaminación de los alimentos, el agua y el aire”.

Calidad del aire

La calidad del aire está relacionada con la naturaleza de los contaminantes y puntos específicos desde donde son emitidos. La calidad del aire se puede medir con instrumentos altamente especializados o estimarse basándose en información que se adquiere de inventarios de emisiones (Cuadrado, 2011).

Según el (INEI, 2014), la calidad del aire indica acerca de cuanto el aire está libre de contaminantes atmosféricos, y, por ende, apto para ser respirado. No gozar de un ambiente con calidad de aire es un grave problema que implica daño a la salud y a la seguridad de las personas, el medio ambiente y bienes de cualquier naturaleza.

Uno de las principales problemas de la salud pública que preocupa a los principales países más avanzados y emergentes del mundo es la contaminación del aire.(Matus & Lucero, 2002).

Biomonitoreo

El biomonitoreo se define como el uso sistemático de las respuestas biológicas que permiten evaluar los cambios en el entorno y establecer un control de calidad ambiental; se define también el Biomonitoreo, como una técnica científica para evaluar los impactos ambientales, incluyendo la exposición humana a sustancias químicas naturales y sintéticas, con base en el muestreo y análisis de un individuo (Osuna & Martínez, 2011).

“El biomonitoreo se puede aplicar por medio de dos métodos: biomonitoreo activo y pasivo. El biomonitoreo pasivo hace referencia a la recolección de organismos que ocurren naturalmente en el ecosistema o dentro del área de interés y analizarlos. En el biomonitoreo activo, los biomonitores pueden criarse en laboratorios o recolectarse de sitios prístinos para ser expuestos posteriormente en una forma estandarizada (técnica de bolsa) dentro del área (s) de interés durante un período de tiempo definido" (H. de la Cruz et al., 2020).

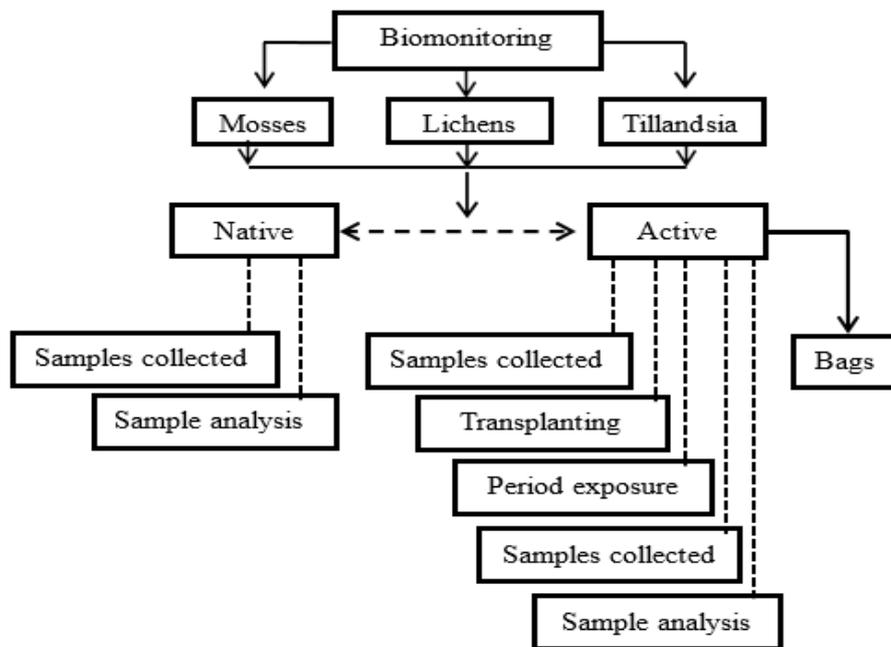


Figura 1: Esquema General de métodos de Biomonitoreo, usando tres biomonitores diferentes (H. de la Cruz et al., 2020).

(Gonzales et al., 2014) menciona que los bioindicadores ayudan a detectar alteraciones en los ecosistemas, como explotación excesiva, contaminación o cambio climático, asimismo, permiten establecer fuentes de afectación y señalar rutas de acción.

Los bioindicadores nos permiten evaluar el impacto de los contaminantes que estos puedan ocasionar, al ser rápidos y de bajo costo, permiten incrementar el número muestras o sitios de muestreo, y un diagnóstico de los agentes contaminantes, mediante la observación de las respuestas que estos pueden desarrollar frente a los diversos contaminantes; las ventajas de los bioindicadores son: tienen un bajo costo, presencia histórica mundialmente, observación de efectos fisiológicos, identificación de fuentes contaminantes y no necesitan mantenimiento ni electricidad (Figuroa & Méndez, 2015).

En las últimas décadas se ha intensificado el uso de diversos organismos como bioindicadores de la contaminación atmosférica. La (International Atomic Energy Agency, 2001), menciona que existen determinadas especies biológicas que son capaces de acumular o tolerar en su estructura niveles elevados de metales pesados provenientes de la atmosfera, además estos organismos pueden bioacumular un contaminante con relación a su tiempo de exposición. Estas especies biológicas son aquellas que aportan información sobre la presencia o ausencia(cualitativa) de algún contaminante, a estas especies se les denomina bioindicadores, (Munzi et al., 2007) mencionan que son organismos o comunidades que pueden responder a la contaminación ambiental mediante alteraciones en su fisiología o a través de su capacidad para acumular contaminantes, por lo que pueden ser empleados en la evaluación del estado de polución del Aire. En este contexto (Wolterbeek, 2002) afirma que los líquenes y claveles del aire(*Tillandsia*) son ampliamente utilizados en estudios de monitoreo de contaminación ambiental como bioindicadores de la calidad del aire y como bioacumuladores de deposiciones atmosféricas, (Bermúdez et al., 2009) y (Estévez et al., 2011) mencionan que su utilización resulta ser ventajosa y a bajo costo. ya que se pueden transportar a otro hábitat, son relativamente fáciles de muestrear en tiempo y espacio además permiten la posibilidad de aplicación a grandes áreas mediante. El biomonitoreo, que es la observación continua de un área contaminada con la ayuda de bioindicadores, el biomonitoreo es activo cuando los organismos biológicos son criados en laboratorio o colectados de áreas no contaminadas.

Las Plantas Epífitas

Las plantas epífitas son excelentes herramientas para el biomonitoreo de la Contaminación atmosférica, estos obtienen sus minerales y nutrientes del aire y no de un sustrato, de modo que se puede afirmar que los elementos acumulados en estos organismos reflejan la composición de la atmósfera, esta característica hace que estos organismos sean ampliamente utilizados en diversos países como una herramienta eficaz de bajo coste para la evaluación de los elementos químicos de deposición atmosférica (Santos et.al, 2013). Además (Albuquerque et al., 2013) nos menciona Los usos de estas plantas en estudios medioambientales ha proporcionado datos para obtener fiable y rápidamente, lo que permite la identificación de las relaciones entre las causas y efectos de los contaminantes y las respuestas biológica proporcionando

una visión general de la respuesta integrada de los organismos a los cambios ambientales (Ibedaca, 2014)

Tillandsia

Entre las plantas epifitas se encuentra la *Tillandsia*, son terrestres pero también crecen sobre rocas, las hojas son arrosetadas o fasciculadas, raramente distribuidas a lo largo del tallo, polísticas o dísticas, enteras; las láminas son liguladas a angostamente triangulares o linear; las escamas de las hojas centralmente asimétricas, el escapo es terminal, generalmente erecto, a veces ligera a marcadamente péndulo, la inflorescencia es simple o compuesta, usualmente en espigas dísticas o en ocasiones reducidas a una simple espigas polísticamente florecidas y raramente reducidas a una simple flor (CONAP, 2010)

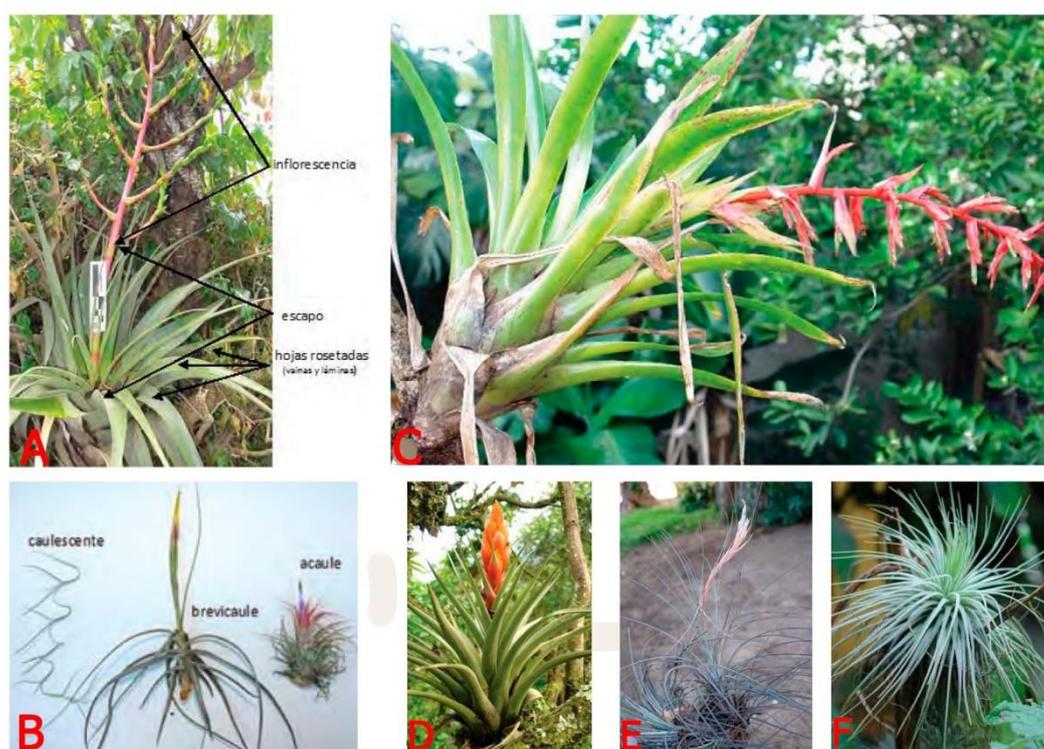


Figura 2: A: Principales partes de una *Tillandsia*; B: Formas de crecimiento del género *Tillandsia*; C: *Tillandsia Leiboidiana* Schld; D: *Tillandsia Ponderosa*; E: *Tillandsia Juncea*; F: *Tillandsia Magnusiana* Wittm (CONAP, 2010)

Las especies de *Tillandsia* son conocidas como plantas atmosféricas, porque no tienen tanque, siendo generalmente suculentas de tamaño reducido, y sus tricomas cubren densamente toda la Planta, estos tricomas además de absorber agua y nutrientes, cumplen la función de obstaculizar la transpiración, y cuando están secos, reflejan el exceso de luminosidad, ayudando a combatir el agua y el estrés luminoso (Pittendrigh, 1948) , sus raíces son se usa solo para la fijación, mientras que las hojas son responsables de fotosíntesis y captura de agua y nutrientes (Benzing, 2000). Otro

factor importante Mantener un estado favorable del agua es la vía fotosintética especializada. Crassulacea Acid Metabolism (CAM), a través del cual la planta minimiza la evaporación de agua cerrando las estomas durante el día y abriendo durante la noche, permitiendo así la entrada de dióxido de carbono y una pérdida reducida de agua (Vansconcelos et.al., 2013)

(Ibedaca, 2014) resalta la característica más importante en estas plantas que son los tricomas. Éstas son estructuras multicelulares, compuestas de un campo de células vacías y sirven como una válvula que conduce el agua y los nutrientes del medio ambiente hacia el interior de la planta; previniendo además su desviación por esta misma vía de ingreso. De esta manera pueden obtener sus requerimientos de la atmósfera a partir del rocío o la neblina, usando así sus raíces únicamente para fijarse a un soporte. No sólo obtienen su agua y requerimientos minerales de la atmósfera, sino que también poseen una estructura morfológica que les permite recibir contaminantes de diferentes direcciones y el contenido elemental en sus tejidos enormemente refleja los niveles atmosféricos de algunos elementos tóxicos, como ciertos gases y metales pesados, por lo que diferentes especies de *Tillandsia* han sido utilizadas como biomonitores duales de la contaminación atmosférica en gran cantidad de países (Kovacikk et.al., 2011).

Las plantas de este género se consideran un biomonitor importante de la calidad del aire, ya que son capaces de fijar y acumular nutrientes y contaminantes presentes en la atmósfera que son absorbidos por su propio metabolismo, y el análisis del contenido de sus tejidos se reflejará en la contaminación atmosférica local (Pignata et al., 2002). El equipo y los métodos utilizados para la evaluación de la calidad del aire de acuerdo con (Silva et al., 2007) puede funcionar de forma continua o intermitente. Algunos ya analizan la muestra, proporcionando un resultado instantáneo, otros requieren análisis de laboratorio, siendo responsables solo de la recolección de muestras de aire Actualmente, el equipo que mide la contaminación del aire puede dividido en cuatro tipos, según la metodología aplicada: muestreadores activos (cuando se usan plantas que ya habitan el área de estudio) y pasivos (Cuando se introducen de una manera controlada en el sitio a ser investigado).

A continuación, se presentan estudios resumidos que tuvieron como objetivo evaluar la eficiencia y el potencial bioindicador de algunas especies de *Tillandsia* en diferentes lugares que presentaron contaminación del aire.

- En un estudio realizado por (H. de la Cruz et al., 2020), consistió en evaluar la calidad del Aire mediante la distribución de oligoelementos en un área metropolitana de los Andes peruanos (Huancayo), utilizando *Tillandsia Capillaris*, trasplantadas como biomonitores de un lugar diferente (Huancavelica) . Los biomonitores fueron recolectados del área no contaminada y expuestos a cinco sitios con diferentes tipos de contaminación durante tres meses en 2017. Los resultados mostraron diferencias significativas entre los sitios de muestreo para varios elementos, la mayoría

de los elementos provienen de fuentes vehiculares y más bajos de fuentes agrícolas y naturales.

- (Wannaz et al., 2012), midió la acumulación de metales pesados por *Tillandsia capillaris* para identificar sus principales fuentes de emisión de la provincia de Córdoba, Argentina. Las muestras de *T. capillaris* recogidos durante tres años en diferentes sitios de acuerdo con el uso del suelo, las actividades antrópicas y / o distancia de las potenciales fuentes de emisión de metales pesados. Se encontró que la concentración de metales pesados en el área de estudio está impulsada por la actividad industrial mientras que el tráfico sólo contribuyó a los niveles de Zn y las actividades agrícolas presentaron un enriquecimiento de Mn en las hojas de *T. Capillaris*, que se atribuyó a la utilización de pesticidas.
- (Ghirardi et al., 2010) estudió la capacidad de los líquenes y claveles del aire (*Tillandsia*) como bioindicadores de la calidad del aire en la ciudad de Santa Fe. Selecciono tres espacios verdes en el centro de la ciudad como unidades de muestreo y dos espacios en zonas suburbanas como control. Colectó muestras de la especie líquénica *Parmelia caperata* (L.) Ach. (Fungi: Parmeliaceae) y de la epífita *Tillandsia recurvata* L. Los resultados mencionaron que la alta concentración de Mn se lo ha relacionado con las áreas agrícolas, y el alto contenido de Zn en líquenes y claveles se ha relacionado a ciudades con altas concentraciones de vehículos a motor y zonas industriales; se identificó al tráfico vehicular como el mayor emisor de contaminantes atmosféricos
- (Bedregal et al., 2009) En su investigación, evaluó la contaminación en la ciudad de Lima, Perú, donde se llevó a cabo un monitoreo ambiental usando como biomonitores: Liquen *Usnea Sp. Tillandsia Capillaris*, que fueron recogidos de una zona no contaminada y expuestos por un tiempo de tres meses en puntos diferentes de la ciudad, luego fueron colectados y analizados. Los resultados que se obtuvieron manifestaron contaminación significativa en algunas zonas de la ciudad, producto de la actividad industrial y de las emisiones vehiculares.
- (Ramírez et al, 2008) En su estudio de investigación, aplicaron el pseudolíquen *Tillandsia Usneoides* como indicador de la calidad del aire. Las muestras fueron colocadas en las 20 estaciones de monitoreo de la red de calidad de aire, REDARIE; se cuantificaron las concentraciones de los metales Mg, Cu, Fe y Ca. Las zonas que presentaron mayor concentración de los mencionados metales pesados están ubicadas en el sur de la zona evaluada, estas fueron Sabaneta y La Estrella.
- (Graciano et al., 2003) usaron *Tillandsia Recurvata* en sus estudios para verificar su potencial como bioindicador de la contaminación atmosférica por azufre (S) en la ciudad de La Plata, Argentina; se recolectaron individuos

de *Tillandsia recurvata* durante 2 años en tres sitios del casco urbano, descubrieron que esta especie es un indicador de contaminación efectiva, sin mostrar cambios morfológicos, y que, por su habilidad de acumular azufre en los tejidos, puede ser utilizados como indicadora de contaminación atmosférica por azufre.

- (Amado et al., 2002) utilizaron *Tillandsia Usneoides*, como biomonitor atmosférico de contaminantes de Hg; fue expuesto en un área contaminada durante 15 días, los resultados microanalíticos demostraron que el Hg estaba asociado con partículas atmosféricas depositadas en la superficie de la planta, era altamente absorbido por las escamas, las superficies del tallo y las hojas.

CONCLUSIONES

Mediante la presente revisión Bibliográfica se afirma que el Biomonitorio con Especies de *Tillandsia* ha demostrado ser una herramienta adecuada para la cuantificación de elementos traza presentes en la atmósfera, para determinar la calidad del Aire, ya sea en zonas urbanas, industriales o residenciales; en relación con los métodos convencionales, presenta la ventaja de bajo costo y posibilidad de uso en grandes áreas. El análisis documental de los estudios realizados, muestran que la especie *Tillandsia* es buen bioindicador, un aspecto que hace referencia a la existencia o no de cambios estructurales y / o histológicos resultantes a la acumulación de oligoelementos (elementos traza) dentro de sí.

REFERENCIAS

- Alarcón-corredor, O. M. (2009). Los elementos traza. *Revista Médica de La Extensión Portuguesa*, 107–124.
- Amado & et al. (2002). Hg localisation in *Tillandsia usneoides* L. (Bromeliaceae), an atmospheric biomonitor. *Atmospheric Environment*, 2310(February). [https://doi.org/10.1016/S1352-2310\(01\)00496-4](https://doi.org/10.1016/S1352-2310(01)00496-4)
- Bedregal, & e. (2009). El uso de *Usnea* sp *Tillandsia capillaris*, como biomonitores de la contaminación ambiental en la ciudad de Lima, Peru. *Rev Soc Quím Perú*.
- Benzing, D. (2000). Bromeliaceae: profile of an adaptive radiation. *Cambridge University Press*, 690.
- Bermúdez, G., Rodríguez, J., & Pignata, M. (2009). Comparison of the air pollution biomonitoring ability of three *Tillandsia* species and the lichen *Ramalina celastri* in Argentina. *Environ*, 109, 6-14.
- CONAP. (2010). Guía de reconocimiento del género *Tillandsia*. En C. N. Protegidas. Guatemala: © Consejo Nacional de Áreas Protegidas-CONAP. 2010.
- Cuadrado, J. (2011). *Universidad Nacional de Ingeniería Universidad Nacional de Ingeniería*. Retrieved from http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/1130/1/lopez_gj.pdf
- Estévez-Alvarez, J., & et.al. (29 de Agosto de 2011). Biomonitorio de la contaminación atmosférica en La Habana durante la campaña 2004-2005. *Ciencias Nucleares*.
- Figueroa Vanessa, E., & Méndez Montoya, A. P. (2015). EVALUACION DE LA CALIDAD DEL AIRE EN 8 ZONAS DE LA CIUDAD DE BOGOTA UTILIZANDO

LOS LIQUENES COMO BIOINDICADORES.

- Ghirardi, R., & et.al. (Octubre de 2010). Líquenes y claveles del aire como bioindicadores de contaminación atmosférica por metales pesados en el microcentro santafesino. *Revista FABICIB*, 14, 165 - 173.
- Gonzales, & e. (2016). Aplicabilidad de líquenes bioindicadores como herramienta de monitoreo de la calidad del aire en la ciudad de Cochabamba. *Acta Nova*, 455-482.
- Gonzales & et al. (2014). *Bioindicadores: guardianes de nuestro futuro ambiental*. (C. A. G. González Zuarth, A. Vallarino, J. C. P. Pérez Jiménez, & A. M. Low Pfeng, Eds.) (2014th ed.). México.
- Graciano, C., Fernández, L. V., & Caldiz, D. O. (2003). Tillandsia recurvata L. as a bioindicator of sulfur atmospheric pollution. *Ecologia Austral*, 13(1), 3–14.
- H. de la Cruz & et al. (2020). Biomonitorización de la calidad del aire de oligoelementos en el área metropolitana de Huancayo , Perú , utilizando Tillandsia capillaris trasplantada como biomonitor. *SciELO*, 1–17.
- Hugo, V., Estrada, M., & Nájera, J. M. (2011). El Uso De Líquenes Como Biomonitores Para Evaluar El Estado De La Contaminación Atmosférica a Nivel Mundial. *Biocenosis @BULLET*, 25, 1–2.
- Ibedaca, J. (2014). *Optimización de las metodologías de extracción asistida por microondas y ultrasonido para la determinación de hidrocarburos aromáticos policíclicos en muestras de Tillandsia Recurvata (L.) L Biomonitor de la contaminación atmosférica*. Unoversidad Central de Venezuela, Caracas.
- International Atomic Energy Agency. (2001). Validation and application of plants as biomonitors of trace element atmospheric pollution, analyzed by nuclear and related techniques. *Atmospheric Chemistry*, 218.
- Kovacikk, J., & et.al. (2011). Physiological responses of root-less epiphytic plants to acid rain. *Ecotoxicology*, 20, 348-357.
- Matus C., P., & Lucero CH., R. (2002). Norma Primaria de Calidad del Aire. *SciELO*, 1–9.
- Méndez Estrada, V. H., & Monge Nájera, J. (2011). El Uso De Líquenes Como Biomonitores para evaluar el Estado de la Contaminación Atmosférica a Nivel Mundial. *Biocenosis @BULLET*, 1-2.
- Munzi, S., Ravera, s., & Caneva, g. (2007). Epiphytic lichens as indicators of environmental quality in Rome. *Environ. Pollut*, 350-358.
- Páez-Osuna, F., & Osuna-Martinez, C. (2011). Biomonitores de la contaminación costera con referencia a las costas mexicanas : una revisión sobre los organismos utilizados. *Hidrobiológica*, 21(3), 229–238.
- Pignata, M., & et.al. (2002). Atmospheric quality and distribution of heavy metals in Argentina employing Tillandsia capillaris as a biomonitor. *Environmental Pollution*, 120(1), 59-68.
- Pittendrigh, C. (1948). The Bromeliad- Anopheles- malaria complex in Trinidad. I- The Bromeliad flora. *Society for the study of evolution*, 2(1), 50-70.
- Ramírez & et al. (2008). Biomonitorio de metales pesados empleando herramientas de SIG en el valle del Aburra. *Investigaciones Aplicadas*, 2(1), 7–14.
- Reyes, e. a. (2016). CONTAMINACIÓN POR METALES PESADOS: IMPLICACIONES EN SALUD, AMBIENTE Y SEGURIDAD ALIMENTARIA. *Revista Ingeniería, Investigación y Desarrollo.*, 66-77.
- Rodamilans Pérez, M., & Bachs Carré, M. (1984). Elementos traza, 3(I), 33–36.
- Romero & et al. (2006). Revisión bibliográfica.

- Santos, A., & et.al. (2013). La cuantificación de los elementos químicos asociados con el tráfico de vehículos en bromelias atmosféricas trasplantados en la Región Metropolitana de Recife. *Scientia Plena*, 9, 8.
- Silva, A., & et.al. (2007). Biomassa seca da raiz e da parte aérea de cultivares de *Brachiaria brizantha* e de *B. humidicola* alagadas e não alagadas. *Revista Brasileira de Biociências*, 5(2), 123-125.
- Vansconcelos, A., & et.al. (2013). *Tillandsia recurvata* L. (Bromeliaceae): aspectos farmacognósticos. *Revista de Ciências Farmacêuticas Básica e Aplicada*, 34(2), 151-159.
- Wannaz, & e. (2006). "Evaluacion de la acumulación de metales pesados en dos especies de *Tillandsia* en Argentina. *ELSEVIER*, 267-278.
- Wannaz, E., & et.al. (2012). Use of biomonitors for the identification of heavy metals emission sources. *Ecological Indicators*, 163-169.
- Wolterbeek, B. (2002). Biomonitoring of trace element air pollution: principles, possibilities and perspectives. *Environ Pollut*, 120, 11-21.