

## LÍQUENES COMO BIOINDICADORES DEL MEDIO AMBIENTE<sup>1</sup>

RIBERA, MAURICIO, MUCRAZEL, HITAMAR; TOLEDO, CARLOS; FLORES, CRISTHIAN<sup>2</sup>; AGUIRRE, RICHARD<sup>3</sup>



Mauricio Ribera

### RESUMEN

Se trata de demostrar la importancia de los bioindicadores, como los líquenes, en el control biológico del medio ambiente. Los líquenes son sensibles a la contaminación atmosférica, por lo que su estudio como bioindicadores resulta interesante. Se muestran los grados de contaminación y la presencia de líquenes según éstos. Se propone aplicar líquenes en contaminantes atmosféricos industriales, vehiculares y gases producidos en periodo de chequeo para su uso como indicador biológico de contaminación atmosférica.

### ABSTRACT

We tried to demonstrate the importance of bioindicators, like lichens, in the biological control of the environment. Lichens are sensitive to air pollution, so their study as bioindicators generates interest. The work shows presence of lichens and the relation with degrees of contamination. Lichens are proposed to apply industrial and vehicular air pollutants and gases produced in chequeo period for use as a biological indicator of air pollution.

**PALABRAS CLAVE:** Contaminación ambiental. Líquenes.- Bioindicadores.

**KEYWORDS:** Environmental pollution. Lichens. – Bioindicators.

### INTRODUCCION

La contaminación atmosférica es la presencia en la atmosfera de sustancias ajenas a la concentración natural de la atmosfera en una cantidad que implique molestias o riesgos para la salud humana o demás seres vivos. Por lo general se dice contaminación atmosférica a las alteraciones que tienen efectos negativos sobre los seres vivos y los elementos naturales. Los principales mecanismos de contaminación atmosférica son los procesos industriales que aplican combustión, así como también los automóviles y calefacciones residenciales, dichas fuentes generan dióxido de carbono, monóxido de carbono, ozono, óxidos de nitrógeno y azufre entre otros contaminantes.

Entre las fuentes de contaminantes en el mundo se tiene como principal contaminante el parque industrial, debido a que aún no se cuenta con tecnología adecuada para mitigar el 100% de las emisiones de sus gases. Otro factor importante vendría a ser el parque automotor el cual día a día crece más con nuevos modelos de auto, aunque estos aportan menor contaminación que los antiguos modelos, pero de todas maneras representan un gran aporte a lo que es la contaminación atmosférica mundial.

En el mundo los países que provocan mayor cantidad de contaminación atmosférica vendrían a ser los países que tienen un mayor desarrollo industrial, además de ser las potencias mundiales, tal es el caso de Estados Unidos que genera 6 049435

toneladas de contaminantes atmosféricos emitiendo gases como dióxido de carbono principalmente, así como también óxidos de nitrógeno y azufre, o sino los conocidos CFC, como segundo país más contaminante se encuentra China el cual produce 5 010 170 toneladas de contaminante.

En Bolivia la ciudad que genera una mayor contaminación atmosférica es la ciudad de El Alto, siendo su mayor fuente de contaminación el parque automotor, seguido por los chequeos generados en las afueras de dicha ciudad. Como segunda ciudad más contaminante del país se encuentra Santa Cruz, debido a que su parque automotor incrementa constantemente, a esto se suma que la mayoría de los autos de esta ciudad sobrepasan los 15 años de antigüedad generando así una mayor contaminación, además que la contaminación en la ciudad de Santa Cruz se ve influenciada también por la tecnología incipiente en su parque industrial, así como también los chequeos que se realizan en las afueras de la ciudad de Santa Cruz de la Sierra, originando así grandes cantidades de contaminantes atmosféricos.

Existen distintos tipos de métodos para determinar los distintos tipos de contaminantes atmosféricos entre los cuales se encuentran contaminantes de tipo biológico, físico, químico o fisicoquímico. Los indicadores más económicos son los bioindicadores, los cuales consisten en una especie vegetal, hongo o animal cuya presencia ofrece la información sobre ciertas carac-

1 Trabajo ganador Categoría Concurso. Feria de Ciencias UCEBOL 2012

2 Estudiantes de la Carrera de Ingeniería Agronómica. UCEBOL

3 Docente asesor. Ingeniero agrónomo. Carrera de Ingeniería Agronómica. UCEBOL

terísticas ecológicas del medio ambiente o sobre el impacto de ciertas prácticas en el medio, siendo utilizadas sobre todo para determinar el gas contaminante predominante en la atmósfera o que grado de contaminación presenta la atmósfera. Entre los bioindicadores presentes se tienen los musgos y líquenes entre otros.

Los líquenes son bioindicadores sensibles que dependiendo de su especie pueden tolerar unas concentraciones determinadas de contaminantes y si estas superan entonces el líquen desaparece o sufre daños irreparables, cuando hay mucha contaminación en un lugar solo se encuentran los líquenes más resistentes y dependiendo del grado de contaminación se ven más o menos especies de líquenes en un lugar.

Ante este panorama se decide llevar a cabo la evaluación del comportamiento de los líquenes frente a contaminantes atmosféricos industriales, vehiculares y gases producidos en periodo de chequeo para su uso como indicador biológico de contaminación atmosférica, en la ciudad de Santa Cruz de la Sierra.



Estudiantes de Agronomía exponiendo su trabajo sobre líquenes

## Antecedentes

Los contaminantes atmosféricos pueden ser calificados de acuerdo a: su fuente, su composición química, las reacciones que pueden producir y sus efectos

Fuentes fijas: Así denominadas, por actuar permanentemente sobre un sitio o región, es decir, por estar ahí establecidas. Están constituidas por fábricas, comercios, galpones de almacenes, talleres metalúrgicos, incineradores, fundiciones, etc. y producen una considerable contaminación, no solo por el uso de combustibles sino por la emisión de vapores solventes orgánicos, o de productos químicos contaminantes.

Las fuentes fijas son las más dañinas, estas actúan sobre todas las áreas de la biosfera y producen, tanto emisiones de humos, polvos, gases, ruidos, radiaciones, etc. como descargas de aguas residuales o desechos sólidos que afectan, por igual, el aire, los diversos cuerpos receptores de agua o la tierra, por deterioro superficial, filtración o acarreo. "Una emisión de humos y polvos puede no ser por sí misma necesariamente peligrosa; para serlo deberá tener una densidad y un volumen tales, durante cierto lapso, que las condiciones atmosféricas no sean

suficiente para diluirla o dispersarla en un período de tiempo dado, haciéndola inocua.

La peligrosidad se inicia, precisamente, a partir del momento en que la cantidad de elementos no deseables emitidos, rebasa la capacidad natural de dispersión, transformación o anulación, creando, por lo tanto una concentración que rompe el equilibrio". Lo anterior es consecuencia, de la tendencia de agrupar en ciertas áreas; en especial las urbanas, los contaminantes que emitidos por la fuentes fijas, no pudieron ser desplazados por la circulación atmosférica y a los que se unen los provenientes de las fuentes móviles y de las naturales.

Fuentes móviles: Son aquellas que por su capacidad de traslado, no permiten encuadrarlas en un área determinada, por lo que su peligrosidad es constante, progresiva e indeterminable a cada agente contaminador, ya que su medición abarca un gran número de agentes contaminantes. Aquí, los transportes son los causantes de la mayor concentración de contaminación en las zonas urbanas. Los automóviles poseen cuatro fuentes de contaminación que son: el tubo de escape, el cárter, el carburador y el depósito de combustible.

De ellos la contribución que se obtiene de contaminantes es la siguiente:

- "Pérdida por evaporación en el depósito y en el carburador 20% de los hidrocarburos.
- Respiradero del cárter, 25% de los hidrocarburos.
- Tubo de escape, 55% de los hidrocarburos y casi la totalidad del plomo y de los óxidos de nitrógeno y azufre"

Los organismos bioindicadores tratan de organismos o sistemas biológicos sensibles a las variaciones en la calidad ambientales (en nuestro caso, de la calidad del aire).

Los bioindicadores tienen varias maneras de "manifestar su protesta" como puede ser simplemente mediante su presencia o ausencia. Otra forma es mediante malformaciones o mediante la abundancia del indicador. Además de todo esto, algunos seres vivos son capaces de acumular el agente contaminante. Se les llama bioacumuladores. En algunos casos, los líquenes también tienen utilidad como bioacumuladores.

La mayor ventaja de los bioindicadores es que continuamente están en su hábitat, cosa que un equipo de medición no hace (pues toman las muestras de aire de forma periódica), por lo que si en algún instante, por muy corto que sea, tiene lugar algún hecho que pueda afectar al medio ambiente, los indicadores biológicos lo detectarán, mientras que probablemente los equipos de análisis no estarían operativos y no lo detectarían.

Otra ventaja es que los bioindicadores son organismos vivos. Eso quiere decir que sus respuestas nos indican directamente si se está produciendo algún daño sobre los seres vivos. Midiendo únicamente valores físico-químicos, estos efectos sólo pueden suponerse. Los bioindicadores permiten evaluar la calidad del suelo, el aire o el agua de manera muy útil, fiable y económica.

Los líquenes son muy sensibles a los efectos de algunos contaminantes (ver tabla, por ejemplo). Cada especie de líquen puede tolerar unas concentraciones determinadas de contaminantes y, si se superan, desaparecen. Cuando hay contaminación en un lugar sólo encontraremos aquellos líquenes más resistentes.

**Cuadro 1.** Medida de la contaminación según presencia de líquenes

ÍNDICE. SO <sub>2</sub> gr/m <sup>3</sup>	CONTAMINACIÓN	LÍQUENES	DESCRIPCIÓN
150-170	Muy alta	No existen	
125	Alto	Lecanora	Crustáceo (gris)
60-50	Media	Xanthoria	Crustáceo(amarillo). Corteza de árbol
40	Escasa	Parmelia	Foliáceo

Fuente: Carlos Pérez; IES LEGIO VII

La contaminación se define operativamente en términos de concentraciones por encima de los niveles aceptados por la ley. Las técnicas para valorar la contaminación son costosas, por lo que la utilización de líquenes como bioindicadores se generaliza cada vez más. Éstos permiten una medición inmediata de los niveles de contaminación en grandes áreas y, por lo tanto, actúan como señales de alarma. Sin embargo es importante comprender que los líquenes nunca podrán reemplazar totalmente a los equipos técnicos que miden contaminación ambiental

Las razones por las cuales los líquenes están siendo utilizados con tanto éxito en este campo se basan en:

- Son ubicuos y actualmente se encuentran en aumento en muchos centros urbanos, sobre todo en países desarrollados, gracias a la disminución en la concentración de dióxido de azufre en la atmósfera de las ciudades.
- No poseen una cutícula protectora y absorben nutrientes y contaminantes a través de gran parte de su superficie.
- Su naturaleza simbiótica, ya que si cualquiera de los simbioses se ve afectado por algo, ambos organismos mueren.
- Son relativamente longevos, permaneciendo expuestos al efecto nocivo por largos períodos, por lo que proporcionan una imagen de estados crónicos y no de variaciones puntuales del medio ambiente.
- Son organismos perennes que pueden ser muestreados durante todo el año.

Ha habido una enorme cantidad de trabajos realizados acerca del uso de los líquenes como bioindicadores de varios tipos de contaminación medioambiental, y por esta razón, en esta publicación, solo se llamará la atención sobre algunos de esos aspectos.

La mayoría de los casos de desaparición de líquenes se debe a contaminantes gaseosos como el dióxido de azufre, fluoruros, ozono, óxidos de nitrógeno, monóxido de carbono y otros contaminantes gaseosos que emanan los automóviles por combustión (Hawksworth et al. 2005). Desde las últimas décadas, el dióxido de azufre es el principal contaminante que afecta la distribución de líquenes epifitos en áreas urbanas e industriales (Giordani 2007). Altos niveles de dióxidos de azufre, monóxido

de carbono y, especialmente, de óxidos de nitrógeno y la reacción de sus productos, son los responsables del decaimiento de los líquenes (Loppi et al. 1997).

Los líquenes absorben el dióxido de azufre, del que retienen aproximadamente 30 %. Al haber repetidas exposiciones al dióxido de azufre, el líquen acumula altos niveles de sulfatos y bisulfatos, los cuales lo incapacitan para realizar funciones tales como fotosíntesis, respiración y en algunos casos fijación de nitrógeno. Esto ocasiona la deformación de la estructura del talo y eventualmente su muerte. Un nivel anual de 8-30 µg/m<sup>3</sup> de sulfuro produce la deformación o la muerte de especies líquénicas sensibles. Los efectos fisiológicos sobre el líquen al exponerlo a óxidos de nitrógeno son similares a los de exposición a dióxidos de azufre, ya que un nivel anual de 564 µg/m<sup>3</sup> o mayor de óxidos de nitrógeno puede resultar en la decoloración, deformación y en la muerte del líquen (Froehlich 2006).

En la ciudad de La Paz en los últimos años, se han incrementado los estudios de evaluación de la calidad del aire, utilizando bioindicación y biomonitoreo, como métodos accesibles y aplicables. Entre los ejemplos de utilización de métodos fisicoquímicos destaca la Red Piloto de Monitoreo Atmosférico que operó el año 1992 y la Red "MoniCA" de Swisscontact en La Paz y El Alto desde el año 2000 y 2004 respectivamente. Los estudios de bioindicación y biomonitoreo incluyen los trabajos de Anze [2] [3], Pinto [19], Del Granado [8] y Garret [12]. Anze [2] utilizó líquenes como indicadores de la contaminación atmosférica por dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>, monitoreo activo), registrando cambios en la tasa de respiración de tres especies a lo largo del eje troncal de la ciudad (San Francisco–Seguencoma) que se pudieron relacionar con la contaminación atmosférica por tráfico vehicular. Estudios posteriores mostraron que el SO<sub>2</sub> presenta concentraciones muy bajas por lo que los efectos observados en los líquenes deben ser atribuidos a otro contaminante con efecto oxidante.

En la presente investigación se realiza una investigación sobre el comportamiento de los líquenes respecto a la contaminación atmosférica de acuerdo a:

\*Contaminación producida por el parque automotor.

\*Contaminación producida por la actividad industrial.

\*Comportamiento del líquen en un área desprovista de los gases contaminantes.

## METODOLOGIA

Se tomaran muestras de líquenes de un ambiente el cual tenga una influencia relativa de contaminación atmosférica para así someter las especies a diferentes ambientes cerrados generados por medio de fuentes contaminantes para obtener una mayor concentración de contaminantes, esto debido a que así se podrá tomar un control más minucioso de lo que son las variaciones de la fitología de los líquenes. Una vez se tengan las muestras de líquenes se procede a generar los ambientes

contaminados, al ser 3 ambientes se realizarán 3 pruebas por cada ambiente teniendo un total de 9 repeticiones.

El primer ambiente se lo realizará mediante la generación de gases emitidos por las movildades, para el segundo ambiente se realizará una quema controlada de materia orgánica para generar el ambiente contaminado por chaqueos y el tercer ambiente debido a que no se puede generar un ambiente contaminado por industria, serán llevadas las especies vegetales a una zona industrial donde se realizarán los muestreos respectivos todos los días al igual que con las otras 6 repeticiones generadas.

La toma de información será de tipo prospectivo en el cual se observará el cambio que sufrirán los líquenes de acuerdo a la contaminación generada. Se ocupará solo una población de líquenes para todas las pruebas. Este proyecto se realizará un diseño de investigación no experimental, siendo este un proyecto observacional, puesto a que sólo se observarán los efectos que causen los contaminantes sobre las especies de líquenes.

Los materiales a utilizar: 9 fuentes de vidrio para generar los ambientes; gasolina para el automóvil; maderas y hojarasca; cuchillos, recipientes, pinzas y otros materiales para recolección, banners y material de escritorio.

## RESULTADOS

Los primeros resultados de la investigación bibliográfica permiten perfilar cómo se desarrollará un estudio sobre bioindicadores. Se introducen los conceptos y teorías más relevantes para el estudio.

La contaminación es la alteración nociva del estado natural de un medio como consecuencia de la introducción de un agente totalmente ajeno a ese medio (sustancia o forma de energía), causando inestabilidad, desorden, malestar o daños irreversibles o no en un ecosistema, en un medio físico o en un ser vivo.

Es siempre una alteración negativa del estado natural del medio, y por lo general, se genera como consecuencia de la actividad humana considerándose una forma de impacto ambiental.

## Tipos de contaminación

Existen diferentes tipos de contaminación que depende de determinados factores y que afectan distintamente a cada ambiente. Los tipos de contaminación más importantes son los que afectan a los recursos naturales básicos como aire, agua y suelo.

### Contaminación hídrica

Provocada por desechos en el agua, principalmente los vertidos por las industrias, las aguas servidas, eutrofización o descargas de basura

### Contaminación de suelo

Ocurre cuando productos químicos son liberados por un derrame o filtraciones sobre y bajo la tierra. Entre los contaminantes del suelo más significativos se encuentran los hidrocarburos como el petróleo y sus derivados, los metales pesados frecuentes en baterías, el Metil tert-butil éter (MTBE), los herbicidas

y plaguicidas generalmente rociados a los cultivos industriales y monocultivos y organoclorados producidos por la industria. También los vertederos y cinturones ecológicos que entierran grandes cantidades de basura de las ciudades. Esta contaminación puede afectar a la salud de forma directa y al entrar en contacto con fuentes de agua potable.

### Contaminación atmosférica

La contaminación atmosférica hacer referencia a la alteración de la atmosfera terrestre susceptible de causar impacto ambiental por la adicción de gases o partículas sólidas o liquidas en suspensión en proporciones distintas a las naturales que pueden poner en peligro la salud humana y la salud y bienestar de las plantas y animales, atacar a distintos materiales, reducir la visibilidad o producir olores desagradables. Los gases contaminantes del aire más comunes son el monóxido de carbono, el dióxido de azufre, los clorofluorocarbonos y los óxidos de nitrógeno producidos por la industria y por los gases producidos en la combustión de los vehículos

### Contaminación acústica

Se refiere presencia de elevados niveles de decibelios en algún lugar determinado, producidos por automotores, ruido de aviones, ruido industrial o ruidos de alta intensidad. Pueden reducir la capacidad auditiva del hombre y producir estrés.

### Contaminación visual

Se refiere a la presencia de torres para el transporte de energía eléctrica, Vallas publicitarias en carreteras y avenidas, accidentes geográficos como las "cicatrices" producidas por la minería a cielo abierto, también por los vertederos a cielo abierto.

### Tipos de contaminantes atmosféricos

La contaminación del aire es cambiante y hay muchos contaminantes atmosféricos diferentes que contribuyen a ello. Una vez liberados al aire, los contaminantes interactúan entre sí y con el medio ambiente de formas complejas en función de la temperatura, la humedad y otras condiciones atmosféricas.

- Contaminantes primarios
- Que proceden de procesos humanos
- Contaminantes secundarios
- Que son el resultado de la interacción de los contaminantes primarios con la atmósfera

### Fuentes de los contaminantes atmosféricos

Una fuente es el punto o lugar donde la atmosfera alberga al contaminante que generalmente está presente en forma gaseosa, líquida o sólida. Sin embargo, a partir de determinado nivel de concentración se pueden producir efectos nocivos, sobre los seres vivos y también sobre los materiales

### Fuentes naturales

Son las fuentes en las que el ser humano no interviene para nada, ya que se trata de procesos que han existido siempre, como en el caso de los volcanes, que mediante sus erupciones

colaboran a la contaminación de la atmosfera, la putrefacción de la materia orgánica, los incendios forestales, partículas de polvo ultra finas los gases que expulsan los diferentes seres vivos y la respiración

## Fuentes antropogénicas

Las principales fuentes de contaminación atmosférica de origen antropogénico son las chimeneas de las instalaciones de combustión para generación de calor y energía eléctrica, los tubos de escape de los vehículos automóviles, los procesos industriales, aerosoles, acumulación de residuos sin ningún tratamiento, el humo de los cigarrillos, etc.

## Causas de la contaminación atmosférica

Las industrias que utilizan el carbón como fuente de energía, Los tubos de escape de los automóviles, Incendios forestales, Quema de combustibles fósiles (carbón, petróleo y gas), las Chimeneas de las fábricas y otros subproductos gaseosos contribuyen con cerca de 22. 000 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> y otros gases de efecto de invernadero a la atmosfera terrestre cada año, descomposición de la materia orgánica en el suelo y océanos, Calefacciones domésticas, partículas de polvo ultra finas creadas por la erosión del suelo cuando el agua y el clima sueltan capas del Suelo, aumentan los niveles de partículas en suspensión en la atmósfera dióxido de azufre arrojado por volcanes, uso de productos químicos (aerosoles), también el uso de fertilizantes y plaguicidas.

## Efectos que causa la contaminación atmosférica a la salud humana

La contaminación del aire tiene muchos efectos en la salud, desde irritaciones leves, hasta el desarrollo de graves enfermedades. El humo es el contaminante que más afecta la salud humana en comparación con otros contaminantes. El humo reduce la visibilidad, irrita el sistema respiratorio, contribuye con el desarrollo de enfermedades de todo tipo.

Los efectos de contaminación también incluyen aumento de tasa de mortalidad, especialmente entre las personas que sufren enfermedades coronarias y respiratorias.

Efecto que causa la respirar del humo de cigarrillos y tabaco. Al respirar este humo se encuentran estos riesgos:

Estar 14 veces más expuesto a morir de cáncer de pulmón, garganta o boca.

Elevar 4 veces el riesgo de morir de cáncer de esófago.

Tener 2 veces más el riesgo de sufrir un ataque del corazón.

Tener 2 veces más el riesgo de morir de cáncer de vejiga.

Monóxido de Carbono: no parece afectar a las plantas, pero es muy tóxico para los seres humanos, ya que interfiere con el transporte de oxígeno en la sangre

Dióxido De Azufre (SO<sub>2</sub>): los óxidos de azufre pueden inhibir el crecimiento de las plantas y ser letales para algunas de ellas, Los efectos tóxicos de los óxidos de azufre para el ser humano

son: dificultad para respirar, debido al espasmo o contracción de los bronquios, irritación de la garganta, de los ojos y tos, en cantidades elevadas puede llegar a ser mortal.

Los Óxidos de Nitrógeno (NO<sub>2</sub>): El dióxido de nitrógeno afecta los pulmones y es tóxico y algunos de los contaminantes que se forman a partir de ellos, son mortales para las plantas

Los hidrocarburos son contaminantes primarios: Algunos hidrocarburos son tóxicos para las plantas y animales a concentraciones relativamente altas y en el ser humano parece que provoca problemas en vías respiratorias

## Métodos de medición de la contaminación atmosférica

En lo que a calidad del aire se refiere, el muestreo se define como la medición de la contaminación del aire por medio de la toma de muestras, de forma discontinua. Actualmente, el muestreo se utiliza principalmente para determinar la concentración de partículas suspendidas, en sus diferentes fracciones: totales (PST), partículas menores de 10 micrómetros de diámetro aerodinámico (PM<sub>10</sub>) y partículas menores de 2.5 micrómetros de diámetro aerodinámico (PM<sub>2.5</sub>).

La medición de contaminantes atmosféricos se puede lograr a través de diversos métodos que se agrupan de acuerdo a sus principios de medición en:

- Muestreo pasivo
- Muestreo con Bioindicadores
- Muestreo activo
- Método automático
- Método óptico de percepción remota

**Muestreo pasivo:** Este método de muestreo colecta un contaminante específico por medio de su adsorción y/o absorción en un sustrato químico seleccionado. Después de su exposición por un periodo adecuado de muestreo, que puede variar desde una hora hasta meses o inclusive un año, la muestra se regresa al laboratorio donde se realiza la desorción del contaminante para ser analizado cuantitativamente. Los equipos utilizados se conocen como muestreadores pasivos que se presentan en diversas formas y tamaños, principalmente en forma de tubos o discos.

**Método con Bioindicador:** La bioindicación relativa a la calidad del aire es la utilización de organismos sensibles a un determinado contaminante con efectos visibles macroscópicamente o microscópicamente para evaluar la calidad del aire. Proporciona un análisis de información sobre la contaminación atmosférica y permite evaluar directamente el impacto de los contaminantes ambientales. La observación de los organismos bioindicadores completa generalmente los dispositivos de medida automáticos, u orientan la elección de las moléculas a analizar

- Los líquenes (organismos resultantes de la simbiosis hongo-alga)

- El trébol y el tabaco
- Las petunias

**Muestreo activo:** Requiere de energía eléctrica para succionar el aire a muestrear a través de un medio de colección físico o químico. El volumen adicional de aire muestreado incrementa la sensibilidad, por lo que pueden obtenerse mediciones diarias promedio. Los muestreadores activos se clasifican en burbujeadores (gases) e impactadores (partículas); dentro de estos últimos, el más utilizado actualmente es el muestreado de alto volumen "HighVol"

**Método automático:** Estos métodos son los mejores en términos de la alta resolución de sus mediciones, permitiendo llevar a cabo mediciones de forma continua para concentraciones horarias y menores. El espectro de contaminantes que se pueden determinar van desde el contaminante criterio (PM10 -PM2.5, CO, SO2, NO2, O3) hasta tóxicos en el aire como mercurio y algunos compuestos orgánicos volátiles.

Las muestras colectadas se analizan utilizando una variedad de métodos los cuales incluyen la espectroscopia y cromatografía de gases. Además, estos métodos tienen la ventaja de que una vez que se carga la muestra al sistema nos da las lecturas de las concentraciones de manera automática y en tiempo real.

**Los equipos disponibles se clasifican en:** analizadores automáticos y monitores de partículas. Los analizadores automáticos se usan para determinar la concentración de gases contaminantes en el aire, basándose en las propiedades físicas y/o químicas de los mismos. Los monitores de partículas se utilizan para determinar la concentración de partículas suspendidas principalmente PM10 y PM2.5

**Método óptico de percepción remota:** Se basan en técnicas espectroscópicas. Transmiten un haz de luz de una cierta longitud de onda a la atmósfera y miden la energía absorbida. Con ellos es posible hacer mediciones, en tiempo real, de la concentración de diversos contaminantes. A diferencia de los monitores automáticos, que proporcionan mediciones de un contaminante en un punto determinado en el espacio, pueden proporcionar mediciones integradas de multicomponentes a lo largo de una trayectoria específica en la atmósfera (normalmente mayor a 100 m). Los equipos utilizados se conocen como sensores remotos.

## Fisiología de los líquenes

Los líquenes son el resultado de la combinación de dos vegetales: un hongo (filamentos tabicados, no clorofílicos) y un alga (células con clorofila). Los líquenes se incluyen dentro del Reino de los Hongos, en este grupo de organismos se han descrito unas 20 000 especies. El aspecto general es el de un vegetal de constitución simple, de forma y estructura vegetal más o menos constante es la simple simbiosis de un hongo sobre un alga. La dispersión de los líquenes ocurre de varias maneras, una de ellas es por simple fragmentación del talo, en otras ocasiones se

forman estructuras en la superficie del talo llamadas soledios, o bien por isidios que son proyecciones del talo.

Los líquenes se distribuyen mundialmente, se encuentran desde los círculos polares hasta las áreas desérticas, y desde las costas marinas hasta las selvas y bosques húmedos, muchos géneros muestran su especiación máxima en los trópicos. Son varios los factores que afectan su distribución, entre ellos; el agua, la temperatura y la luz. Los líquenes tienen la facultad de poder vivir en una gran diversidad de sustratos por ejemplo: sobre rocas, madera, tierra, hojas e inclusive sobre estiércol de aves.

## Por la morfología, hay varias clases de líquenes:

- **Gelatinosos:** tienen consistencia de gelatina y deben su forma a las algas que lo componen.

- **Crustáceos:** se presentan como costras irregulares que se adhieren al suelo, las rocas o el tronco de los árboles y penetran, al menos en parte, en el sustrato.

- **Foliáceos:** de talo laminar por lo regular lobulado, se fijan por medio de grupos de hifas alargadas (rizinas), con las que absorben agua y sales minerales.

- **Fruticulosos:** tienen posición erecta y ramificaciones similares a las de un arbusto. Se fijan en el sustrato mediante una base estrecha.

## Nutrición de los líquenes

Los líquenes pueden absorber agua por toda la superficie a pesar de que muchas de estas formas carecen de corteza, el agua es retenida durante más tiempo y en mayor cantidad.

El polvo atmosférico se adhiere al talo y el agua cae sobre él lo disuelve poco a poco y la plata absorbe la solución salina. En la vida común es sin duda el alga la que proporciona las sustancias orgánicas indispensable para la vida algunas especies epiflodales las obtienen también de las células muertas de la corteza

## Crecimiento y duración de los líquenes

Los líquenes son plantas perennes, casi todas de crecimiento lento que continua durante mucho tiempo. En general es el hongo el que inicia y dirige el tipo de crecimiento. La posición y desarrollo de las algas dependen de las hifas y de las necesidades de asimilación.

En algunas especies se combina el crecimiento horizontal con el vertical, pues tienen una porción foliosa y otra frutuosa La velocidad de crecimiento en los líquenes no es siempre igual, en las estaciones húmedas y cálidas, su crecimiento es comparativamente rápido, mientras que en las épocas secas y frías se reduce al mínimo.

Se desconoce cual es con exactitud la duración de la vida de los líquenes. Se supone que algunas especies viven indefinidamente. En las menos evolucionadas es difícil calcular la edad, ya que no se puede determinar el límite de crecimiento del individuo

## Reproducción de los líquenes

En la gran mayoría de los líquenes, el micobionte u hongo posee estructuras reproductoras llamadas cuerpos fructíferos que tienen forma de disco (apotecios). Igualmente interesantes son las estructuras para la reproducción vegetativa, que permiten la dispersión de las hifas del hongo y las células del alga en forma conjunta

Reproducción vegetativa: el tipo más simple son granos finos, llamados soledios o bien por isidios que son proyecciones en forma de dedo o coral. Los cuales se prenden ya sea por acción de los insectos, agua, viento y otros; y es llevado a otros sitios donde las condiciones de temperatura, humedad, luminosidad y sustrato son idóneas para que comience a crecer otro talo liquénico.

Los soledios e isidios llevan tanto al alga como al hongo, es la forma de reproducción más ventajosa e importante para los líquenes, permitiendo colonizar sitios que otros organismos no podrían hacerlo.

Reproducción sexual: la reproducción sexual está a cargo del hongo, que desarrolla esporas, ya sea en forma de apotecio o de peritecio. Los apotecios son estructuras con forma de disco abierto y se presentan sobre el talo, mientras que los peritecios se hunden en él y liberan las esporas. Muchos líquenes logran arrastrar consigo algunas células asegurando así la formación de un nuevo liquen

### Razón por la cual los líquenes se utilizan como indicadores

Las razones por las cuales los líquenes están siendo utilizados con tanto éxito en este campo se basan en:

1. Son ubicuos y actualmente se encuentran en aumento en muchos centros urbanos, sobre todo en países desarrollados, gracias a la disminución en la concentración de dióxido de azufre en la atmósfera de las ciudades.
2. No poseen una cutícula protectora y absorben nutrientes y contaminantes a través de gran parte de su superficie.
3. Su naturaleza simbiótica, ya que si cualquiera de los simbiontes se ve afectado por algo, ambos organismos mueren.
4. Son relativamente longevos, permaneciendo expuestos al efecto nocivo por largos períodos, por lo que proporcionan una imagen de estados crónicos y no de variaciones puntuales del medio ambiente.
5. Son organismos perennes que pueden ser muestreados durante todo el año.

### Resultados Esperados

#### Resultados Directos

Por medio del uso de los indicadores biológicos, en este caso líquenes, se procederá a determinar la incidencia que generan los gases contaminantes generados por el parque automotor, industrias y otras fuentes de contaminación atmosférica sobre la fisiología de los mismos, debido a que dicha especie sufrirá distintas alteraciones generadas por los gases contaminantes

y de esta manera poder determinar la calidad del aire al que están siendo sometidos los seres bióticos.

Se esperara obtener resultados a corto plazo los cuales se puedan apreciar a simple vista.

### Resultados Indirectos

El beneficio de todos los seres bióticos, mediante la presencia de indicadores biológicos como son los líquenes, permitirá un adecuado control respecto a las emisiones de gases contaminantes atmosféricos en procura de una mejor calidad del aire.

Ayudará a tener un control acerca de las emisiones de concentraciones de gases atmosféricos contaminantes pudiendo llegar estos a lugares inesperados modificando un ecosistema y la verificación de dicha contaminación se dará mediante la alteración de la fisiología del talo del indicador biológico.

### Impacto

Los beneficios que trae la investigación son los de ampliar los conocimientos que se tiene sobre los indicadores biológicos de contaminación atmosférica, además de brindar un aporte al departamento de Santa Cruz para la realización de los monitoreos de contaminación atmosférica pudiendo así mejorar la calidad de vida de la población y demostrar que se pueden utilizar diferentes métodos de monitoreo. Este proyecto se lo realizará con un método de monitoreo económico debido a que no se utilizan equipos de monitoreo sofisticados.

### Estrategias de comunicación

En este proyecto se utilizaran distintos medios de comunicación listados a continuación con su respectivo uso:

- Diapositivas realizadas en el programa de Microsoft Power Point mediante las cuales se mostrarán fotos de los distintos ecosistemas visitados para la realización del proyecto.
- Proyector Digital para mostrar las diapositivas realizadas previamente.
- Banners para demostrar la información del proyecto.
- Mesas para exponer las muestras y resultados obtenidos del proyecto.

### BIBLIOGRAFIA

- <http://es.wikipedia.org/wiki/Bioindicador>  
<http://es.wikipedia.org/wiki/Contaminaci%C3%B3n>  
[http://es.wikipedia.org/wiki/Contaminaci%C3%B3n\\_atmosf%C3%A9rica](http://es.wikipedia.org/wiki/Contaminaci%C3%B3n_atmosf%C3%A9rica)  
[http://es.wikipedia.org/wiki/Contaminaci%C3%B3n#Formas\\_de\\_contaminaci.C3.B3n](http://es.wikipedia.org/wiki/Contaminaci%C3%B3n#Formas_de_contaminaci.C3.B3n)  
<http://es.wikipedia.org/wiki/Liquen#Reproducci.C3.B3n>  
<http://tipos-contaminacion.blogspot.com/>  
<http://utcontamin.blogspot.es/1192045440/>  
[http://www.agendaviva.com/que\\_hacer/Con-tus-ni-os/recomendaciones/L-queenes-indicadores-de-la-cal](http://www.agendaviva.com/que_hacer/Con-tus-ni-os/recomendaciones/L-queenes-indicadores-de-la-cal)