

## INTRODUCCIÓN

Durante este año, la práctica de EDC se dividió en tres partes; la primera se llevó a cabo en el museo de historia natural, en donde se elaboró un listado de insectos incluyendo datos como su número de inventario (este se le asignó al momento de ingresarlo a este listado), nombre científico, localidad y número de colecta, colector, persona que lo determinó, año y otros datos. La segunda parte fue la investigación, esta se realizó en el Parque Ecológico Cayalá en donde se cuantificaron los niveles de dióxido de nitrógeno, bajo la aprobación y supervisión del Licenciado Pablo Oliva, coordinador del Laboratorio de Monitoreo del Aire. La tercera parte y final se realizó en el herbario BIGU, coordinado por el Ingeniero Agrónomo Mario Véliz; en el herbario se realizaron varias actividades como ingresar muestras al inventario, intercalar las muestras y armar paquetes para intercambio.

## RESUMEN DE ACTIVIDADES

PROGRAMA	HORAS ASIGNADAS	HORAS ACUMULADAS
Servicio	500	260
Docencia	72	222
Investigación	468	648
<b>Total</b>		<b>1130</b>

### Servicio

Actividad	Fecha	Horas
Colecciones entomológicas (MUSHNAT)	Enero-abril	200
Herbario BIGU	Nov.-febrero	60
<b>Total</b>		<b>260</b>

### Docencia

Actividad	Fecha	Horas
Indicaciones previas a la investigación	28-30 enero	12
Foro-taller PNUMA	17 marzo	10
Seminario: situación de la meliponicultura	15 abril	8
Seminario: investigaciones línea FODECYT	14 mayo	8
Curso: Taxonomía de abejas sin aguijón	10 y 11 junio	16

Curso: Diseño estadístico experimental	14-18 junio	20
Congreso multidisciplinario de EDC	1-3 septiembr	15
Seminario y taller etnoveterinaria	28-29 septie	20
Curso: innovación educativa	6-19 septie y 4-8 octubre	50
Curso: evaluar ¿Para qué?	25 noviembr	8
Seminario de EDC		5
Otros		50
<b>Total</b>		<b>222</b>

### Investigación

Actividad	Fecha	Horas
Perfil		6
Protocolo		48
Etapa de campo		494
Análisis de datos		48
Informe final		52
<b>Total</b>		<b>648</b>

### ACTIVIDADES DE SERVICIO

**Actividad 1:** ingreso de especímenes al catálogo de la colección entomológica de referencia.

**Objetivos:** ordenar los especímenes, asignarles un número definitivo de catálogo e ingresarlos a un banco de datos.

**Descripción del método:** se le toman los datos de las etiquetas a cada espécimen que se trabaje, se ordenan, se le asigna un número al insecto y se le coloca una etiqueta con su número definitivo, por último, se ingresa a una base de datos.

**Resultados parciales:** se le ha tomado la información a un total de 167 individuos, solamente falta su ingreso a la base de datos.

**Objetivos alcanzados:** ordenar los especímenes, asignarles un número definitivo de catálogo y tomar los datos pertinentes.

**Limitaciones:** el trabajo se ha dificultado por el desorden en el que se encontraron las colecciones por el hecho de tener que verificar los catálogos que ya se habían realizado.

**Actividad 2:** ingreso de especímenes al catálogo de la colección entomológica de referencia.

**Objetivos:** ordenar los especímenes, asignarles un número definitivo de catálogo e ingresarlos a un banco de datos.

**Descripción del método:** se le toman los datos de las etiquetas a cada espécimen que se trabaje, se ordenan, se le asigna un número al insecto y se le coloca una etiqueta con su número definitivo, por último, se ingresa a una base de datos.

**Resultados parciales:** se le ha tomado la información a un total de 280 individuos, solamente falta su ingreso a la base de datos.

**Objetivos alcanzados:** ordenar los especímenes, asignarles un número definitivo de catálogo y tomar los datos pertinentes.

**Limitaciones:** el trabajo se ha dificultado no solamente por el desorden de las colecciones, sino porque se tuvo que reasignar numeración a casi 100 especímenes ya ingresados; esto por no haber apartado con anterioridad los espacios en la computadora.

**Actividad 3:** participación como edecán en el seminario "Resultados de investigaciones de la línea FODECYT V convocatoria –área medioambiente".

**Objetivos:** colaborar con para la realización del seminario.

**Descripción del método:** seguir indicaciones para la ubicación de los asistentes y facilitar los refrigerios.

**Resultados parciales:** ninguno.

**Objetivos alcanzados:** ninguno.

**Limitaciones:** a pesar de que se hizo una lista para que los que quisieran participar como edecanes se anotaran, ya no fueron necesarios estos servicios porque los organizadores ya habían conseguido otras personas, pero si se escucharon las pláticas impartidas ese día, por lo que incluyo esta actividad como docencia.

**Actividad 4:** intercalar muestras del herbario.

**Objetivo:** introducir las muestras de plantas en el mueble correcto.

**Descripción del método:** se toma una muestra y se ubica el mueble que contenga la familia a la que la planta pertenezca, se lleva al mueble y luego se le ubica por género y especie (alfabéticamente).

**Resultados parciales:** intercalado correcto de las especies.

**Objetivos alcanzados:** intercalado correcto de las especies.

**Limitaciones:** ninguna en especial.

## ACTIVIDADES DE DOCENCIA

**Actividad 1:** indicaciones de cómo preparar reactivos y como muestrear.

**Objetivos:** adquirir el conocimiento y habilidades necesarias para llevar a buen término el procedimiento práctico de la investigación, iniciando con los reactivos y la forma correcta de muestrear.

**Descripción del método:** el asesor de la investigación dio indicaciones para la preparación de los reactivos a ser utilizados en dicha investigación, así como de cómo ubicar los puntos de muestreo.

**Resultados parciales:** se adquirió el conocimiento y habilidades para llevar a cabo el procedimiento práctico de la primera etapa de la investigación.

**Objetivos alcanzados:** los propuestos para esta actividad.

**Limitaciones:** disponibilidad de tiempo de ambas partes.

**Actividad 2:** participación en un foro-taller organizado por el PNUMA.

**Objetivo:** discutir y enumerar distintos factores que influyen sobre el medio ambiente.

**Descripción del método:** se hicieron varias presentaciones sobre distintas temáticas concernientes al medio ambiente y, luego, se hicieron mesas de trabajo sobre diversos aspectos.

**Resultados parciales:** se hizo una lista con la problemática y la situación actual del medio ambiente (en este caso, biodiversidad).

**Objetivos alcanzados:** los propuestos para esta actividad.

**Limitaciones:** si se hubiera sido más puntual con los comentarios se hubiese avanzado más.

**Actividad 3:** participación en el curso "Taxonomía de abejas sin aguijón".

**Objetivos:** conocer y aprender a utilizar las claves taxonómicas para la identificación de los géneros y especies de abejas sin aguijón de Guatemala con la finalidad de utilizar este conocimiento tanto en la investigación del curso de Investigación aplicada I, como en futuras investigaciones que se realicen en este grupo de insectos.

**Descripción del método:** se escucharon las indicaciones sobre generalidades sobre los insectos, sobre este grupo en especial y sobre las claves que se iban a utilizar; luego, se procedió a la parte práctica que tomó la mitad del primer día y el segundo día en su totalidad.

**Resultados parciales:** se pudieron identificar todos los especímenes provistos para dicho curso.

**Objetivos alcanzados:** familiarización con las claves para abejas sin aguijón y aprender a diferenciar los distintos géneros de abejas sin aguijón.

**Limitaciones:** las únicas limitaciones que se pueden mencionar son la falta de equipo adecuado para desarrollar actividades de esta índole y el poco tiempo con el que se contó.

**Actividad 4:** participación como asistente al curso teórico-práctico “diseño estadístico experimental” realizado del 14 al 18 de junio con una duración de 20 horas.

**Objetivos:** aprender nuevas tendencias sobre la estadística y el diseño experimental así como aprender a utilizar el programa estadístico Epi-info.

**Descripción del método:** se escuchó la ponencia del licenciado Matute, se formaron mesas de trabajo para plantear una investigación y discutir sobre los problemas que el diseño pudiera presentar; los últimos dos días se practicó con el manejo del programa Epi-info.

**Resultados parciales:** se adquirió el conocimiento sobre estadística y diseño experimental, para su utilización en investigaciones de otros cursos.

**Objetivos alcanzados:** se aprendieron nuevas tendencias sobre la estadística y el diseño experimental así como se aprendió a utilizar el programa estadístico Epi-info.

**Limitaciones:** de nuevo, el tiempo fue un factor adverso para la extensión en el contenido del curso y, de nuevo, el equipo con el que se contaba no fue el ideal en características y en número (muy pocas computadoras).

**Actividad 5:** asistencia al Congreso de EDC.

**Objetivos:** intercambiar experiencias y conocimientos de las prácticas de EDC de las otras carreras de la facultad.

**Descripción del método:** se escucharon las ponencias de los distintos participantes de las carreras de la facultad.

**Resultados parciales:** se conoció una muestra de los trabajos que se realizan por los estudiantes de las distintas carreras.

**Objetivos alcanzados:** se intercambiaron experiencias y conocimientos de las prácticas de EDC de las otras carreras de la facultad.

**Limitaciones:** el tiempo fue muy poco para que se conocieran más trabajos.

**Actividad 6:** asistencia al seminario de investigaciones de los estudiantes de EDC que cerraron.

**Objetivos:** conocer los trabajos que realizan nuestros compañeros de la escuela.

**Descripción del método:** se escucharon las exposiciones de los estudiantes.

**Resultados parciales:** se conocieron las distintas líneas de investigación que se realizan a nivel estudiantil en la escuela de Biología.

**Objetivos alcanzados:** se conocieron los trabajos de investigación que realizan nuestros compañeros en la escuela de Biología.

**Limitaciones:** ninguna para esta actividad.

**Actividad 7:** participación como edecán en el seminario “Resultados de investigaciones de la línea FODECYT V convocatoria –área medioambiente”.

**Objetivos:** colaborar con para la realización del seminario.

**Descripción del método:** seguir indicaciones para la ubicación de los asistentes y facilitar los refrigerios.

**Resultados parciales:** ninguno.

**Objetivos alcanzados:** ninguno.

**Limitaciones:** a pesar de que se hizo una lista para que los que quisieran participar como edecanes se anotaran, ya no fueron necesarios estos servicios porque los organizadores ya habían conseguido otras personas, pero si se escucharon las pláticas impartidas ese día, por lo que incluyo esta actividad como docencia.

**Actividad 8:** participación como asistente al curso “innovación educativa en la sociedad de la información. La introducción de nuevas tecnologías en la educación” (primera parte) realizado del 6 al 10 de septiembre con una duración de 25 horas.

**Objetivos:** aprender nuevas tendencias sobre la educación en tiempos de la globalización.

**Descripción del método:** se escucharon las ponencias de los distintos expositores.

**Resultados parciales:** se escucharon nuevas ideas, teorías y tendencias sobre el proceso enseñanza-aprendizaje.

**Objetivos alcanzados:** se aprendieron nuevas tendencias sobre la educación en tiempos de la globalización.

**Limitaciones:** ninguna en especial.

**Actividad 9:** participación como asistente al curso “innovación educativa en la sociedad de la información. La introducción de nuevas tecnologías en la educación superior” (segunda parte) realizado del 4 al 8 de octubre con una duración de 25 horas.

**Objetivos:** aprender nuevas tendencias sobre la educación en tiempos de la globalización.

**Descripción del método:** se escucharon las ponencias de los distintos expositores.

**Resultados parciales:** se escucharon nuevas ideas, teorías y tendencias sobre el proceso enseñanza-aprendizaje.

**Objetivos alcanzados:** se aprendieron nuevas tendencias sobre la educación en tiempos de la globalización.

**Limitaciones:** ninguna en especial.

**Actividad 10:** participación en el II seminario taller internacional sobre etnoveterinaria, etnozootecnia y ciencias afines.

**Objetivos:** conocer los resultados de nuevas investigaciones en el campo de la etnobiología, etnoveterinaria y etnozootecnia.

**Descripción del método:** se escucharon las ponencias de los distintos expositores.

**Resultados parciales:** se escucharon las ponencias de los participantes.

**Objetivos alcanzados:** se conocieron los resultados de nuevas investigaciones en el campo de la etnobiología, etnoveterinaria y etnozootecnia.

**Limitaciones:** ninguna en especial.

**Actividad 11:** participación en el curso de formación docente: Evaluar ¿para qué?

**Objetivos:** conocer algunos de los principios en el proceso enseñanza-aprendizaje y de la evaluación.

**Descripción del método:** se escuchó la ponencia del expositor.

**Resultados parciales:** se escuchó la ponencia del expositor.

**Objetivos alcanzados:** se conocieron algunos de los principios en el proceso enseñanza-aprendizaje y de la evaluación.

**Limitaciones:** ninguna en especial.

## ACTIVIDADES DE INVESTIGACIÓN

### RESUMEN DE INVESTIGACIÓN

En la investigación se realizó una cuantificación de los niveles de NO<sub>2</sub>, tanto en época seca como en época lluviosa, en el Parque Ecológico Cayalá. Con esta cuantificación se pretendía determinar si los parches verdes (remanentes de bosque, ya sea primario o secundario) urbanos pueden actuar como filtros biológicos para los contaminantes gaseosos producidos por emisiones vehiculares. Esta duda surge a raíz de de dos circunstancias: la primera, es la creciente preocupación por el aumento en la urbanización y el congestionamiento vehicular; la segunda, por su parte, es el hecho de que estos remanentes de naturaleza, que popularmente se les aprecia por su uso para la recreación y por su belleza escénica, pueden ser valorados por el servicio ambiental que prestan al fijar gases como el NO<sub>2</sub>. Se escogió el NO<sub>2</sub> no solamente por se considerado un contaminante criterio, sino también por ser un

compuesto nitrogenado dañino para la salud. Para llevar a cabo la cuantificación se colocaron tubos pasivos en cinco puntos del Parque Ecológico Cayalá, siguiendo la dirección del viento y colocándolos desde la fuente de contaminantes (carretera a Lourdes), por un total de 960 horas para cada época. Los valores de NO<sub>2</sub> disminuyeron a lo largo del parque y en la época lluviosa, esta última mostró una diferencia significativa ( $p < 0.05$ ); por otra parte, los valores registrados en los distintos puntos mostraron ser significativamente distintos ( $p < 0.05$ ), tanto en la época seca como en la lluviosa. Cabe mencionar que ningún valor fue mayor que la norma sugerida por la OMS. Entre lo que se puede concluir se puede mencionar que el Parque Ecológico Cayalá presenta beneficios y presta servicios ambientales, cosas que eran atribuidas exclusivamente a ecosistemas boscosos y áreas protegidas.

Por lo expuesto con anterioridad, se sugiere la realización de un monitoreo de al menos tres meses para cada época, así como la realización de esa clase de estudios con otros parches urbanos y con otros gases de emisión vehicular.

**Actividad 1:** inicio del muestreo en época seca.

**Objetivo:** muestrear uno de los dos meses representativos de la época seca.

**Descripción del método:** una vez preparados los tubos recolectores, fueron colocados en cinco distintos puntos del sitio donde se realiza la investigación, según la metodología descrita para la investigación.

**Resultados parciales:** ninguno hasta el momento.

**Objetivos alcanzados:** los propuestos para esta actividad.

**Limitaciones:** posible pérdida de algunos tubos recolectores.

**Actividad 2:** muestreo y colecta de los tubos pasivos en época seca.

**Objetivo:** muestrear los dos meses representativos de la época seca.

**Descripción del método:** una vez preparados los tubos recolectores, fueron colocados en cinco distintos puntos del sitio donde se realiza la investigación, según la metodología descrita para la investigación, luego fueron colectados y llevados al laboratorio donde se realizarán las pruebas químicas para la cuantificación del NO<sub>2</sub>.

**Resultados parciales:** ninguno hasta el momento.

**Objetivos alcanzados:** los propuestos para esta actividad.

**Limitaciones:** pérdida de algunos tubos recolectores.

**Actividad 3:** análisis de las rejillas de los tubos pasivos colocados para el muestreo en época seca.

**Objetivo:** analizar las muestras y tabular los datos.



**Descripción del método:** se retiraron las rejillas de adsorción de los tubos pasivos, se lavaron para extraer el NO<sub>2</sub>, se preparó una solución blanco para calibrar el espectrofotómetro, se corrieron las muestras en el espectrofotómetro para obtener los valores de las absorbancias, los valores de estas absorbancias son introducidos a una fórmula para obtener la cantidad total de nanomoles de NO<sub>2</sub> en cada punto de muestreo (para mayor detalle, ver protocolo de investigación).

**Resultados parciales:** los valores e nanomoles de NO<sub>2</sub> en cada punto de muestreo.

**Objetivos alcanzados:** el análisis de las muestras y la tabulación de los datos, expresados en nanomoles, de cada punto de muestreo.

**Limitaciones:** ninguna para esta actividad.

**Actividad 4:** preparación de nuevos tobos pasivos y su colocación en los puntos de muestreo en el parque Cayalá.

**Objetivo:** iniciar el muestreo en época lluviosa.

**Descripción del método:** se prepararon los tubos recolectores y fueron colocados en los cinco distintos puntos del sitio donde se realiza la investigación, según la metodología descrita para la investigación, serán colectados y llevados al laboratorio donde se realizarán las pruebas químicas para la cuantificación del NO<sub>2</sub>

**Resultados parciales:** ninguno hasta el momento.

**Objetivos alcanzados:** se inició el muestreo en época lluviosa.

**Limitaciones:** se dificultó encontrar los sitios exactos del primer muestreo por el amplio crecimiento de la vegetación.

**Actividad 5:** recolección y análisis de los tubos pasivos para época lluviosa.

**Objetivo:** recolectar y analizar los tubos pasivos del muestreo realizado durante la época lluviosa.

**Descripción del método:** se buscaron los tubos dejados en los puntos de muestreo, se identificaron por muestreo y por punto, se guardaron en una hielera que contenía bolsas con gel refrigerante (para mantener frías las muestras), se llevaron al laboratorio donde fueron tratadas y analizadas por espectrofotometría (a 540 nm).

**Resultados parciales:** las absorbancias para los tubos colocados en los distintos puntos de muestreo.

**Objetivos alcanzados:** se finalizó el muestreo.

**Limitaciones:** ninguna en especial.

# CUANTIFICACIÓN DE DIÓXIDO DE NITRÓGENO EN EL PARQUE ECOLÓGICO CAYALÁ, EN ÉPOCA SECA Y EN ÉPOCA LLUVIOSA

Br. Carlos Maldonado Aguilera

## RESUMEN DE INVESTIGACIÓN

Se realizó una cuantificación de los niveles de  $\text{NO}_2$ , tanto en época seca como en época lluviosa, en el Parque Ecológico Cayalá. Con esta cuantificación se pretendía determinar si los parches verdes (remanentes de bosque, ya sea primario o secundario) urbanos pueden actuar como filtros biológicos para los contaminantes gaseosos producidos por emisiones vehiculares. Esta duda surge a raíz de de dos circunstancias: la primera, es la creciente preocupación por el aumento en la urbanización y el congestionamiento vehicular; la segunda, es el hecho de que estos remanentes de naturaleza, que popularmente se les aprecia por su uso para la recreación y por su belleza escénica, pueden ser valorados por el servicio ambiental que prestan al fijar gases como el  $\text{NO}_2$ .

Se escogió el  $\text{NO}_2$  no solamente por se considerado un contaminante criterio, sino también por ser un compuesto nitrogenado dañino para la salud. Para llevar a cabo la cuantificación se colocaron tubos pasivos en cinco puntos del Parque Ecológico Cayalá, siguiendo la dirección del viento y colocándolos desde la fuente de contaminantes (carretera a Lourdes), por un total de 960 horas para cada época. Los valores de  $\text{NO}_2$  disminuyeron a lo largo del parque y en la época lluviosa, esta última mostró una diferencia significativa ( $p < 0.05$ ); por otra parte, los valores registrados en los distintos puntos mostraron ser significativamente distintos ( $p < 0.05$ ), tanto en la época seca como en la lluviosa. Cabe mencionar que ningún valor fue mayor que la norma sugerida por la OMS. Se puede concluir que el Parque Ecológico Cayalá presenta beneficios y presta servicios ambientales, cosas que eran atribuidas exclusivamente a ecosistemas boscosos y áreas protegidas.

Por lo expuesto con anterioridad, se sugiere la realización de un monitoreo de al menos tres meses para cada época, así como la realización de esa clase de estudios con otros parches urbanos y con otros gases de emisión vehicular.

Profesor supervisor: Lic. Billy Alquijay  
Asesor institucional: Lic. Pablo E. Oliva

## INTRODUCCIÓN

Aunque desde tiempos remotos la humanidad ha mostrado preocupación por el deterioro del medio a su alrededor, no es sino hasta mediados de los 1900's que se han empezado a tomar en serio todas las implicaciones de los contaminantes, sus fuentes y sus efectos. Una de las fuentes actuales más comunes de contaminantes es el vehículo automotor de combustión interna, ya que un número de los considerados contaminantes son productos secundarios de la combustión de la gasolina utilizada por este tipo de motores; entre estos contaminantes encontramos al NO<sub>2</sub>, que se cuenta entre uno de los *contaminantes criterio* al momento de evaluar los niveles de contaminación de una zona urbana.

La cuantificación de contaminantes criterio es una metodología que se ha popularizado en los últimos años, ya que es una forma bastante exacta de determinar los niveles de contaminación. A nivel internacional existen parámetros y límites para los contaminantes, que se utilizan para determinar si una zona está relativamente libre de ellos o si sobrepasa los niveles mínimos.

En las ciudades, los denominados "parches verdes" son utilizados con fines de recreación y se les considera como "pulmones" de las ciudades. Este trabajo evaluó y comprobó la capacidad de uno de estos parches como purificadores, utilizando para ello uno de los considerados compuestos criterio para evaluar los niveles de contaminación, el dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>); esta evaluación se llevó a cabo en el parque ecológico Cayalá, un parche verde que presenta aún bosque primario, que además de encontrarse dentro de los límites urbanos de la ciudad presenta una carretera (foco de contaminación vehicular) justo sobre su límite Noroeste.

## RESUMEN DE INVESTIGACIÓN

Se realizó una cuantificación de los niveles de NO<sub>2</sub>, tanto en época seca como en época lluviosa, en el Parque Ecológico Cayalá. Con esta cuantificación se pretendía determinar si los parches verdes (remanentes de bosque, ya sea primario o secundario) urbanos pueden actuar como filtros biológicos para los contaminantes gaseosos producidos por emisiones vehiculares. Esta duda surge a raíz de de dos circunstancias: la primera, es la creciente preocupación por el aumento en la urbanización y el congestionamiento vehicular; la segunda, es el hecho de que estos remanentes de naturaleza, que popularmente se les aprecia por su uso para la recreación y por su belleza escénica, pueden ser valorados por el servicio ambiental que prestan al fijar gases como el NO<sub>2</sub>.

Se escogió el  $\text{NO}_2$  no solamente por ser considerado un contaminante criterio, sino también por ser un compuesto nitrogenado dañino para la salud. Para llevar a cabo la cuantificación se colocaron tubos pasivos en cinco puntos del Parque Ecológico Cayalá, siguiendo la dirección del viento y colocándolos desde la fuente de contaminantes (carretera a Lourdes), por un total de 960 horas para cada época. Los valores de  $\text{NO}_2$  disminuyeron a lo largo del parque y en la época lluviosa, esta última mostró una diferencia significativa ( $p < 0.05$ ); por otra parte, los valores registrados en los distintos puntos mostraron ser significativamente distintos ( $p < 0.05$ ), tanto en la época seca como en la lluviosa. Cabe mencionar que ningún valor fue mayor que la norma sugerida por la OMS. Se puede concluir que el Parque Ecológico Cayalá presenta beneficios y presta servicios ambientales, cosas que eran atribuidas exclusivamente a ecosistemas boscosos y áreas protegidas.

Por lo expuesto con anterioridad, se sugiere la realización de un monitoreo de al menos tres meses para cada época, así como la realización de esa clase de estudios con otros parches urbanos y con otros gases de emisión vehicular.

## **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

La contaminación ambiental en zonas urbanas es producida principalmente por la combustión de la gasolina utilizada por los vehículos automotores, esta contaminación puede ser cuantificada por medio de métodos químicos. Dentro de las zonas urbanas aún se pueden encontrar porciones del terreno que todavía conserva su vegetación original –o por lo menos presenta una regeneración alta-; estas zonas podrían actuar como filtros biológicos para los contaminantes de origen automotor.

## **JUSTIFICACIÓN**

Con la creciente urbanización, el congestionamiento vehicular y los grandes costos de las medidas de control, la contaminación del aire urbano se ha convertido en un problema crucial, siendo urgente la realización de la evaluación de riesgos a fin de determinar y priorizar las estrategias de control (Romieu, 1995).

Las áreas verdes son valoradas popularmente no solamente por el uso con fines recreativos y por su belleza escénica sino que son consideradas como un “contacto con la naturaleza”; pero todos los factores mencionados anteriormente, sumados al hecho de poder absorber y “filtrar” los

contaminantes son servicios que pueden utilizarse para realizar una valoración económica de estas áreas (Dixon, 1990). Los argumentos económicos en el campo de la conservación de la diversidad están teniendo cada vez más peso, principalmente con los planificadores de desarrollo en agencias y gobiernos financiadores, ya sean estos bilaterales o multilaterales (Dixon, 1990).

Se escogió el NO<sub>2</sub> no solamente por ser un contaminante criterio, sino también por ser un compuesto nitrogenado dañino para la salud humana (Liu, 2000); además, el metabolismo de el C y el N en las plantas ocupan una posición central en el metabolismo primario de las plantas. Cualquier desajuste metabólico en uno de ellos repercutirá en una disfunción del conjunto (Barceló et al, 2001). En la atmósfera existen grandes cantidades de nitrógeno (78% en volumen) aunque, en términos energéticos no asimilables por los animales. La mayor parte del nitrógeno llega a los seres vivos después de su fijación (reducción) mediante microorganismos procariotes; con la lluvia también se desplazan pequeñas cantidades de nitrógeno desde la atmósfera hasta el suelo, en forma de iones amonio y nitrato, proviniendo este último de la oxidación del N<sub>2</sub> por el O<sub>2</sub>, o por el ozono en presencia de luz uv o tormentas eléctricas (Salisbury, 2000). Conocer la cantidad de nitrógeno no atmosférico que está siendo captado por las zonas verdes urbanas, cumple con varias finalidades, entre las que se podrían incluir: saber cuánto de contaminante se está absorbiendo, podría calcularse cuánto nitrógeno extra, potencialmente, está siendo fijado y verificar que de hecho cumpla su función de filtro biológico, además de los otros beneficios.

El conocimiento de los factores anteriormente mencionados, nos da una guía para desarrollar un lineamiento, encaminado a una meta ambiental, dentro de un sistema de administración sujeto a un mejoramiento continuo (NTC-ISO 14001:1996).

## **REFERENTE TEÓRICO**

### **Algo acerca de la historia del control de la contaminación del aire**

Aun cuando las acciones de control de contaminación del aire se remontan por lo menos a fechas tan lejanas como el siglo XIII, la mayor parte del esfuerzo principal en el mundo ha tenido lugar desde 1945. Antes de ese momento, otros asuntos se encontraban en los lugares más altos de las listas de prioridades de la sociedad (y todavía se encuentran en estos lugares más altos en los países en desarrollo). En las décadas de 1930 y 1940, la chimenea de una fábrica que emitía una gruesa columna de humo se consideraba un signo de prosperidad y algunas oficinas gubernamentales la incluían en sus símbolos oficiales (De Nevers, 1998).

Antes de 1945, los esfuerzos de la contaminación industrial del aire estaban dirigidos a controlar las emisiones de las grandes fábricas, de contaminantes que habían conducido a entrar en conflicto con los vecinos de las mismas. Gran parte de esto no comprendía al gobierno sino, más bien, era una respuesta a litigios provocados por molestias o a la amenaza de estos litigios (De Nevers, 1998).

En 1969 y 1970, Estados Unidos experimentó un gran despertar en relación con el medio ambiente. Es posible que los estudiantes de la actualidad no se percaten de lo rápido o drástico que fue el cambio (De Nevers, 1998).

En este período se vio surgir la National Environmental Policy Act (Ley de Política Nacional sobre el Medio Ambiente) y la Clean Air Act (Ley del Aire Limpio) de 1970, las cuales han tenido efectos arrolladores y han cambiado mucho nuestra manera de considerar la contaminación del aire (De Nevers, 1998).

En los últimos años de la década de 1980, un tema entró en la arena de la contaminación del aire: la contaminación global del aire. También, surgieron tres problemas relacionados con contaminantes de mayor duración y con aquellos que son acarreados a través de largas distancias antes de que produzcan su daño: la lluvia ácida, la destrucción de la capa de ozono por los clorofluorocarbonos y la acumulación de bióxido de carbono en la atmósfera (De Nevers, 1998).

### **Los vehículos automotores**

El motor de combustión interna ha contribuido de manera importante al alto nivel de vida que se disfruta en los países desarrollados del mundo. Las materias primas y los productos de nuestras industrias pueden transportarse

de la mina a la fábrica y de esta a la tienda con el mínimo esfuerzo humano mediante vehículos de combustión interna (Sans, 1999).

Sin embargo la popularización de estos motores ha originado problemas de contaminación del medio ambiente, especialmente de la atmósfera, y además se debe tener en cuenta que los contaminantes producidos por los automóviles se forman a nivel del suelo, en este caso no hay una chimenea que favorezca la dispersión de los contaminantes como sucede en las fábricas (Sans, 1999).

Los principales contaminantes que emiten los vehículos automotores (ver figura 1) son:

- 1) Monóxido de carbono.
- 2) Hidrocarburos sin quemar.
- 3) Óxidos de nitrógeno.

Contaminante	Gasolina	Diesel
1)Partículas	0.1	0.01 g/m <sup>3</sup>
2)Dióxido de azufre	25	400 ppm
3)Óxidos de nitrógeno	1200	200 ppm
4)Hidrocarburos	150	20 ppm
5)Monóxido de carbono	3%	---

*Tabla 1. Concentraciones de los contaminantes producidos por los motores de gasolina y diesel (Sans, 1999).*

En casi todas las ciudades donde existen datos, el plomo, CO y las partículas constituyen los problemas principales. Los vehículos también producen cantidades importantes de HC`s, y NO<sub>x</sub>, que frecuentemente son tóxicas y que contribuyen al smog fotoquímico en ciudades con condiciones meteorológicas desfavorables (Mage, 1995).

Con la creciente urbanización, el congestionamiento vehicular y los grandes costos de las medidas de control, la contaminación del aire urbano se ha convertido en un problema crucial, siendo urgente la realización de la evaluación de riesgos a fin de determinar y priorizar las estrategias de control (Romieu, 1995).

### **Principales clases de contaminantes del aire**

La Environmental Protection Agency, en la Clean Air Act de 1972, ha listado las siguientes clases principales de contaminantes de material particulado en suspensión: dióxido de azufre, monóxido de carbono, óxidos de

nitrógeno e hidrocarburos. En 1976 se adicionó el plomo a esta lista (Roberts, 2000).

### **Los óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>)**

Los óxidos de nitrógeno pertenecen a un grupo conocido como compuestos gaseosos del nitrógeno, este grupo está formado por ocho distintos compuestos (Sans, 1999), pero para trabajos sobre la contaminación sólo se tratan el NO y el NO<sub>2</sub> (Roberts, 2000).

Estos óxidos se producen cuando el combustible se quema a temperaturas muy altas. Las fuentes estacionarias producen aproximadamente el 49% de los NO<sub>x</sub> de la atmósfera, los vehículos de motor el 39%, y otras fuentes el 12%. Bajo la influencia de la luz solar los NO<sub>x</sub> se combinan con otros hidrocarburos gaseosos para formar oxidantes fotoquímicos, principalmente el ozono (O<sub>3</sub>). Otros compuestos nocivos del nitrógeno incluyen nitratos de peroxiacilo, aldehídos y acroleína (Roberts, 2000).

### **El dióxido de nitrógeno**

Este es uno de los contaminantes más peligrosos, en primer lugar por su carácter irritante y corrosivo y, en segundo lugar, porque se descompone por medio de la luz solar según la reacción:



La formación de oxígeno atómico, que es muy reactivo, convierte al oxígeno en ozono (Sans, 1999).

Es producido al quemar combustible a temperaturas muy altas a partir del nitrógeno del aire. También son producidos a partir del carbón y los aceites pesados (Roberts, 2000).

### **Efectos de los óxidos de nitrógeno**

A la salud humana, se puede mencionar que en estudios realizados sobre humanos expuestos a dióxido de nitrógeno generado por la combustión de estufas, se relacionó la exposición a una elevación de los niveles de hidroxiprolina en la orina –habría que tomar en cuenta que este experimento se llevó a cabo entre fumadores y no fumadores, no encontrándose diferencias significativas de los niveles entre estos grupos (Kawamoto, 1995).



La velocidad del viento y la profundidad de la atmósfera determinan la forma de dispersión de los contaminantes (Roberts, 2001; Henry, 1996). Los sitios naturales de baja altitud como barrancos o depresiones atrapan contaminantes durante las inversiones de temperatura (Roberts, 2001; Henry, 1996).

Otros efectos de estos contaminantes son la corrosión de los metales (Roberts, 2001); puesto que el dióxido de nitrógeno es de color café (único contaminante coloreado), algunos smogs urbanos se ven de este color. Además, distorsiona la visibilidad por el hecho de que puede desviar los rayos lumínicos, sin dejar a un lado el que colabora con la formación de lluvia ácida (De Nevers, 1998).

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo general**

Cuantificar los niveles de NO<sub>2</sub> en el Parque Ecológico Cayalá.

### **Objetivos específicos**

Cuantificar y comparar las concentraciones de NO<sub>2</sub> en cinco puntos a lo largo del Parque Ecológico Cayalá.

Cuantificar y comparar las concentraciones de NO<sub>2</sub> registradas en los puntos, en época seca y en época lluviosa.

## **HIPÓTESIS**

Existe una diferencia entre las concentraciones registradas de NO<sub>2</sub>, a lo largo del Parque ecológico Cayalá y en las distintas épocas del año.

## **METODOLOGÍA**

### **a) Diseño**

#### **Población**

La concentración de NO<sub>2</sub> en el parque Cayalá.

#### **Muestra**

Las concentraciones de NO<sub>2</sub> registradas en los distintos puntos.

### **b) Técnicas a usar en el proceso de investigación**

#### **Recolección de datos**

Las concentraciones de NO<sub>2</sub> fueron registradas por medio de tubos de difusión pasiva colocados en cinco puntos distintos a lo largo del parque Cayalá, ubicados en línea recta en dirección del viento. Se colocó un set de cuatro tubos, de los cuales uno sirvió de control de campo (estuvo en el campo pero no expuesto a la atmósfera); además, se contó con un control interno (preparado con el resto de los tubos, pero se quedó en el laboratorio, sin ser expuesto a la atmósfera; este sirvió para estar seguro de que no hubo ninguna irregularidad al momento de preparar los reactivos) (Swiss Contact, 2000).

#### **Análisis de las muestras:**

Esta sección está dividida en cinco partes, que en el orden son:

**a)** Preparación del tubo pasivo: se mezclan 1 parte de trietanolamina con 8 partes de acetona. Se sumergen las tres reddecillas de acero (superficie de absorción) en este líquido, luego se secan con papel filtro. Las reddecillas se colocan en los tubos colectores, entre el tubo y la tapa blanca de teflón (Swiss Contact, 2000).

**b)** Preparación del reactivo de color: (solución A), se disuelven 2 g de sulfanilamida en 5 ml de ácido fosfórico 85%. Diluir a 100 ml con agua destilada. Luego, calentar hasta ebullición. (solución B), se disuelven 70mg de N-1nafilelendamida en 50 ml de agua destilada. Enfriar la solución a temperatura ambiente, las soluciones A y B se combinan (1:1) y el reactivo está listo para usar en 24 hrs. El reactivo de color se mantiene estable durante un mes si se protege de la luz y se refrigera (Swiss Contact, 2000).

c) Calibración: (solución patrón), se recomienda utilizar el estandar líquido de NO<sub>2</sub> 1000 ppm de Merck, el cual contiene el equivalente a 1 mg NO<sub>2</sub>/ml. (solución stock), 10ml de la solución patrón se diluye en 250 ml agua destilada, lo que da una concentración de 40 µg NO<sub>2</sub>/ml. (curva de calibración), 10, 20, 40 y 80 µl se combinan respectivamente con 4 ml del reactivo de color. 20 µl son iguales a 0.8 µg de NO<sub>2</sub> por muestra (Swiss Contact, 2000).

d) Análisis de la muestra: remover la tapa y trasladarlas tres redecillas con una pinza a un tubo de ensayo y agregar 4 ml del reactivo de color. Tapar el tubo de ensayo y agitar. Dejar pasar 15 minutos para que desarrolle el color. Leer la absorbancia de las soluciones de la curva de calibración y de las muestras a 540 nm (Swiss Contact, 2000).

e) Cálculo: del gráfico de calibración se obtienen los nanomoles de NO<sub>2</sub> colectados por el muestreador y luego la concentración de NO<sub>2</sub> µg/m<sup>3</sup> de aire (Swiss Contact, 2000).

$$\text{NO}_2 [\mu\text{g}/\text{m}^3] = \frac{[\text{nanomoles}] \text{NO}_2 * 46 * 1000}{0.9047 [\text{ml}/\text{min}] * \text{hrs} * 60}$$

### c) Instrumentos para registro y medición de las observaciones

Se utilizaron tubos pasivos con tapadera de teflón; redes de acero de 1 cm de diámetro; y una tabla en la que se anotaron las concentraciones registradas en cada punto por cada muestreo. Para el análisis se utilizó un espectrofotómetro. Los tubos pasivos fueron colocados en los puntos de muestreo entre los meses de marzo y abril, para la época seca, y entre agosto y septiembre, para la época lluviosa. Para cada época se dejaron los tubos un total de 960 horas. Los tubos fueron colocados en línea recta, en dirección del viento con una distancia entre 100 y 120 metros entre los distintos puntos de muestreo a lo largo del parque.

### RESULTADOS ESPERADOS

Se esperaba que las concentraciones de dióxido de nitrógeno disminuyan conforme los puntos se alejan de la fuente del contaminante, y que fuera menor en todos los puntos en época lluviosa.

## RESULTADOS

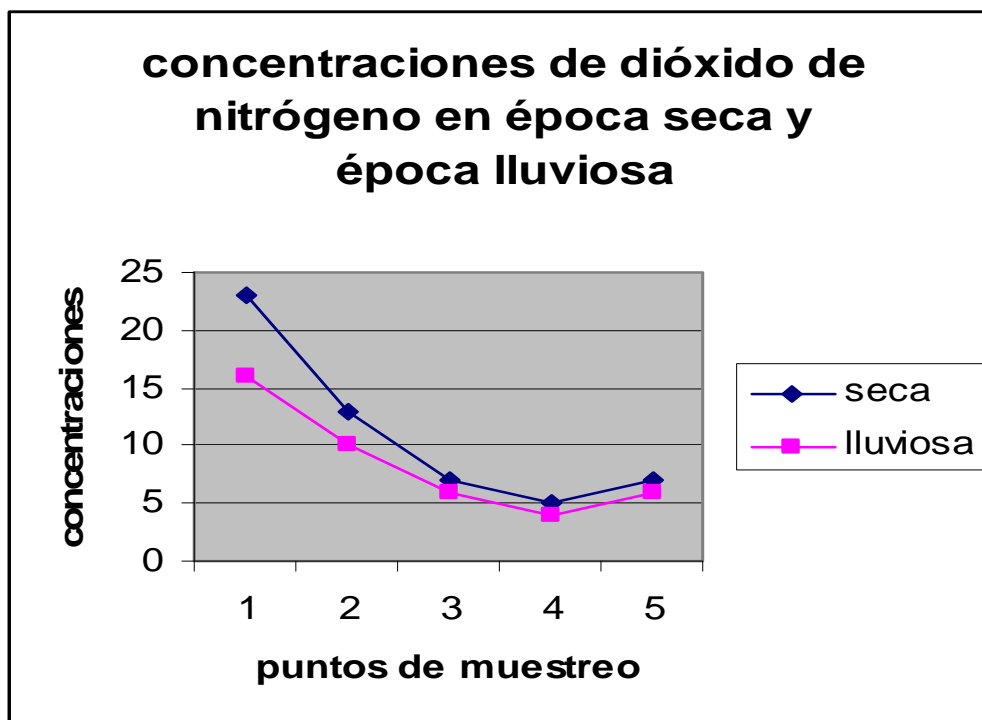
Tabla 1.

Época seca			Época lluviosa		
punto	absorbancia	NO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	punto	absorbancia	NO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> )
1	0.3249	23	1	0.2108	16
2	0.2051	13	2	0.1377	10
3	0.1394	7	3	0.0930	6
4	0.1187	5	4	0.0777	4
5	0.1423	7	5	0.0931	6

Promedio de absorbancias de los blancos: época seca, 0.0461; época lluviosa, 0.0164.

Gráfico 1.

Comparación entre las concentraciones de NO<sub>2</sub> (en µg/m<sup>3</sup>) registradas en los distintos puntos de muestreo y las épocas en que se realizaron.



### Valores para las ecuaciones utilizadas:

Para la calibración:

Época seca:

$m=0.0104$

$b=0.0108$

$r^2=0.9996$

Época lluviosa:

$m=0.009989$

$b=0.01365$

$r^2=0.9996$

Para cálculo de las concentraciones:

Horas =960

### DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Como se puede observar en la tabla 1, los valores del  $\text{NO}_2$  disminuyen a lo largo del parque y, como era esperado, en la época lluviosa; esto confirma la hipótesis propuesta para este estudio. La disminución de los valores registrados durante la época lluviosa se debe a que el  $\text{NO}_2$  reacciona con el agua, formando ácido nítrico en solución y  $\text{NO}$  (Mortimer, 1983), y es arrastrado por ésta de la atmósfera hacia el suelo.

Considerando solamente los valores más altos de los muestreos en ambas épocas del año, podríamos considerar un promedio anual aproximado de  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , que además de encontrarse por debajo del valor crítico propuesto por la OMS ( $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), cae dentro de los parámetros de lo que se ha reportado en las cuantificaciones de este gas en zonas residenciales (Swisscontact/ UNA, 2002).

En el gráfico 1 se comparan las curvas generadas por las concentraciones, tanto en la época seca como en la lluviosa; es evidente que hay una diferencia, que al ser analizada mostró ser significativa ( $p < 0.05$ ). Por otro lado, las concentraciones de los distintos puntos de muestreo también mostraron una diferencia significativa ( $p < 0.05$ ), esto indica que las distancias entre puntos que se consideraron para los muestreos fueron las indicadas y que no hubo pseudoreplicación, o falso muestreo, durante la parte experimental. Como se puede observar en el gráfico, tanto en la época seca como en la lluviosa, los valores disminuyen conforme se alejan de la fuente de contaminación y se adentran en el parque hasta el punto 4, luego del cual (punto 5) se observa un repunte con valores coincidentes con los del punto 3, como se puede ver en la tabla 1; esto probablemente se deba a que el viento corre desde la fuente de contaminación en dirección Noroeste-Sureste, a lo largo de la especie de cañón que forma la

depresión en la que se encuentra el parque (ver mapa anexo), pero también se dan corrientes convectivas que corren en dirección contraria, es decir en dirección Sureste-Noroeste. Estas corrientes acarrean las emanaciones de los vehículos que transitan a lo largo del boulevard Vista Hermosa, que se encuentra a unos cientos de metros del parque. A pesar de no encontrarse en un punto inmediato del parque, se presume que la deforestación de la porción Sureste de las inmediaciones del parque permite que dichas emisiones lleguen hasta el parque y que sean registradas por el punto 5 del muestreo realizado.

Cabe notar que a pesar de que los valores del punto 1, en la época seca como en la época lluviosa, son bastante disímiles, los valores del punto 4 (los más bajos registrados en este estudio) son muy cercanos; se presume una independencia entre los valores del punto 4 y los del punto, lo que podría implicar que este tipo de parches pueden asimilar las emisiones de NO<sub>2</sub> hasta niveles cercanos a los cuantificados en el punto 4, y se podría hablar de un posible umbral de fijación.

Por lo expuesto anteriormente se puede afirmar que los parches verdes urbanos actúan como filtros biológicos para contaminantes gaseosos por emisión, y esta regulación de gases está considerada como un servicio ambiental de no producción, que ha sido identificado como uno de los cinco servicios ambientales principales para Guatemala; aunque esta regulación de gases ha sido atribuida solamente a los ecosistemas boscosos (Galindo, 2000), se puede empezar a decir que los parches verdes urbanos también prestan ese servicio, a una escala menor, pero de forma más directa ya que por su ubicación mitigan el efecto desde la fuente de los gases de emisión.

Estas atribuciones de los parches verdes se encuentran clasificadas también dentro de otras categorías como: beneficios de no consumo (Dixon, 1990), en los que se consideraba solamente a los ecosistemas boscosos y las áreas protegidas; y como valores de uso indirecto, entre las categorías de valores económicos atribuidos a servicios ambientales del bosque (Galindo, 2000).

Por la falta de estudios de esta naturaleza (capacidad de los parches verdes urbanos de captar los gases de emisión vehicular) es imposible comparar los resultados aquí presentados con los de estudios previos.

## CONCLUSIONES

1. Los niveles de NO<sub>2</sub> que llegan al parque Cayalá son comparables con los registrados en zonas residenciales, en los que no se sobrepasa la norma sugerida.
2. Las concentraciones de NO<sub>2</sub> registradas en la época seca son significativamente más altas que las registradas durante la época lluviosa.
3. Las concentraciones de NO<sub>2</sub> registradas a lo largo del parque en los distintos puntos de muestreo muestran diferencias significativas entre sí.
4. Los valores registrados de NO<sub>2</sub> más bajos muestran independencia de los valores iniciales más altos.
5. Los parches verdes urbanos presentan beneficios y prestan servicios ambientales atribuidos exclusivamente a ecosistemas boscosos y áreas protegidas.

## RECOMENDACIONES

1. Realizar un monitoreo como el que se realizó en este estudio pero por al menos 3 meses (2160 horas aproximadamente) para cada época del año.
2. Realizar estudios sobre las distancias mínimas entre puntos de muestreo.
3. Realizar esta clase de estudios en otros parches de similares características.
4. Realizar este tipo de estudios para otros gases de emisión vehicular o de efecto invernadero.



## BIBLIOGRAFÍA

1. Barceló, J. et al. 2001. **Fisiología vegetal**. Pirámide. España. 566 p.
2. De Nevers, N. 1998. **Ingeniería de control de la contaminación del aire**. McGraw-Hill, México. 546+xx p.
3. Dixon, J.A., Sherman, P.B. 1990. **Economics of protected areas -A new look at benefits and costs**. Island Press. USA. 234+xvii p.
4. Flasbart, P.G. 1992. **Exposición humana a las emisiones atmosféricas de los vehículos automotores** (en Contaminación atmosférica causada por vehículos automotores. OMS) 83-109 p.
5. Galindo, J.L. 2000. **Guía para la implementación del pago por servicios ambientales en departamentos y municipios. Papel de las CODEMAs y municipalidades**. Misión Técnica Alemana –GTZ-. 36p.
6. Henry, J.G., G.W. Heinke. 1999. **Ingeniería ambiental**. Prentice Hall. México. 778+xxii p.
7. Hunt, D., C. Jonson. 1998. **Sistemas de gestión medioambiental**. McGraw-Hill. Colombia. 318+xii p.
8. Kawamoto, T. et al. 1997. **Personal exposure to indoor nitrogen dioxide** (en Environmental biomonitoring –exposure assessment and specimen banking) 178-182 p.
9. Liu D.H., B.G. Lipták. 2000. **Air pollution**. Lewis Publishers. USA. 242+vii p.
10. Mage, D.T., Walsh, M.P. 1992. **Estudios de casos de contaminación por vehículos automotores en diversas ciudades alrededor del mundo** (en Contaminación atmosférica causada por vehículos automotores. OMS) 135-165 p.
11. Mortimer, C. 1983. **Química**. Grupo editorial Iberoamérica. México. 768 p.
12. NTC-ISO 14001:1996, **Sistemas de administración ambiental**.
13. Roberts, E. et al. 2001. **Manual de control de la calidad del aire**. McGraw-Hill, México.
14. Romieu, I. 1992. **Estudios epidemiológicos sobre los efectos en la salud por la contaminación atmosférica de origen vehicular** (en Contaminación atmosférica causada por vehículos automotores. OMS) 13-62 p.
15. Salisbury, F.B.; Ross, C.L. 2000. **Fisiología de las plantas**. Paraninfo. España. 988+viii p.
16. Sans, F.R., J d P, Ribas. 1999. **Ingeniería ambiental, contaminación y tratamientos**. Alfaomega. Colombia. 145 p.
17. Swisscontact. 2000. **Standard Operation Procedures (SOP)**.
18. Swisscontact/ UNA. 2002. **Calidad del aire en Centro América. 2001**.

