

ANÁLISIS DEL GRADO DE CONTAMINACIÓN DEL AIRE EN LA CIUDAD DE TARIJA

POLLUTION DEGREE ANALYSIS AIR CITY TARIJA

**Michél Cortés René Emilio¹, Herbas Barrancos Juan Pablo¹,
Paz Aldana Maiza², Cortez Alemán Carlos Horacio²**

¹Departamento de Procesos Industriales Biotecnológicos y Ambientales,
Facultad de Ciencias y Tecnología, Universidad Autónoma Juan Misael Saracho.
²Investigadores Junior, Estudiantes de la Carrera de Ingeniería Química - UAJMS

Dirección para correspondencia: René Emilio Michél Cortés, Departamento de Procesos Industriales Biotecnológicos y Ambientales, Universidad Autónoma Juan Misael Saracho, Av. Víctor Paz E. Zona El Tejar, Campus Universitario, Tarija, Bolivia
Correo electrónico: renemichelco@gmail.com; jpherbasb@gmail.com.

RESUMEN

El presente trabajo de investigación fue realizado con el propósito de conocer y presentar a la ciudad de Tarija, como el crecimiento de la ciudad ha traído un problema ambiental y social, como es la contaminación del aire y sus efectos en población urbana y además de contar con información que permita pronosticar lo que puede suceder a futuro, si no se toman medidas preventivas sobre el grado de contaminación del aire en la ciudad.

Para conocer como la humanidad ha despertado al problema de la contaminación del aire se presenta la evolución del mismo en distintos países del mundo, Europa, EEUU, Sur América, Bolivia y la región, justificando la necesidad de llevar adelante un monitoreo y diagnóstico que permita establecer las bases de un trabajo futuro más grande y sostenible en el tiempo, además que la UAJMS, sea quien lo pilotee y contribuya a proporcionar esta importante información a la sociedad.

El objetivo de la presente investigación es analizar el grado de contaminación de la ciudad de Tarija, para lograr el mismo se ha requerido adquirir equipos de alta tecnología los que permitieron conocer el estado de la contaminación del aire en la nuestra ciudad, tanto en el campo industrial, urbano y automotor.

Los resultados obtenidos se tabulan y se presentan en tablas y gráficos que permiten analizar el grado de contaminación en distintos puntos de la ciudad.

Las conclusiones de la investigación resaltan el hecho de que las industrias contribuyen en la contaminación atmosférica de la ciudad, que puede reducirse esta contribución mejorando las condiciones de operación, así mismo en horas pico del movimiento vehicular contribuye con la contaminación ambiental pero gracias a que la ciudad que no tiene muchos edificios altos, hace que se

disipe o se diluya la contaminación, por lo que no hay una solución a la contaminación si la ciudad no crece tomando en cuenta los problemas ambientales, ello conduce a que el problema está latente y la única y mejor forma de salvar a Tarija de la contaminación atmosférica, es la educación de la población que deberá partir desde los kínderes y continuar con otros niveles de la población, además de conocer en forma permanente como se presenta la contaminación en los distintos puntos de la ciudad además de un planificación concertada de modo que se respeten áreas verdes y se diseñe sistema de aireación en la ciudad.

Palabras claves: aire, contaminación, gases, combustión, polvo.

ABSTRACT

The present investigation was conducted with the aim to meet and present to the city of Tarija, as the growth of the city has brought environmental and social problems, such as air pollution and its effects on urban population and in addition to with information to predict what may happen in the future, if no preventive action is taken on the level of air pollution in the city.

For as mankind has raised the problem of air pollution presents the evolution of the same in different countries of the world, Europe, USA, South America, Bolivia and the region, justifying the need to carry out a monitoring and diagnosis to establish the basis for future work larger and sustainable over time, and that the UAJMS, whoever it pilotes and help provide this important information to society.

The objective of this research is to analyze the degree of pollution of the city of Tarija, to achieve the same is required to purchase high-tech equipment that allowed the status of air pollution in our city, both in the field Industrial, urban and automotive.

The results are tabulated and presented in tables and graphs to analyze the degree of contamination in different parts of the city.

The research findings highlight the fact that industries contribute to air pollution in the city, this contribution can be reduced by improving the operating conditions, also peaking vehicular movement contributes to environmental pollution but thanks to the city that has many tall buildings makes dissipate or dilute the pollution, so there is no solution to pollution if the city does not grow taking into account environmental issues, this leads to the problem is latent and single best way to save Tarija air pollution, is the education of the population that should start from the kínderes and continue with other levels of the population, besides knowing permanently pollution as presented in the various points of city planning and a concerted manner that respects green area and is designed aeration system in the city.

Keywords: air, pollution, gas, combustion, dust

INTRODUCCION

Aunque no existen pruebas contundentes, se supone que la primera vez que el hombre contaminó el aire fue cuando descubrió el fuego. Sin embargo, en esa época, la contribución del hombre a la contaminación del aire probablemente era menor que la provocada por fuentes naturales.

El siguiente avance que tuvo serias consecuencias para la contaminación del aire fue el establecimiento de numerosas comunidades permanentes. En un inicio, el hombre vivía en grupos nómadas relativamente pequeños. Frecuentemente, esos grupos vivían en un lugar solo por un tiempo y el daño ambiental que causaban era mínimo. Eso comenzó a cambiar con la formación de comunidades agrarias permanentes.

Desde la primera vez que se usó el fuego para generar calor y luz hasta los procesos industriales altamente avanzados de la actualidad, el hombre ha continuado participando en actividades que producen efectos indeseables en el ambiente y la salud. Lamentablemente, muchas de esas consecuencias nunca se sospecharon, e incluso cuando se presentaron observaciones al respecto, estas advertencias muchas veces fueron menospreciadas.

Solo recientemente el hombre ha comenzado a comprender el grado y magnitud de los problemas provocados por la contaminación, y solo recientemente se ha usado la tecnología para resolver los problemas de contaminación que esta ayudó a crear.

Para comprender exactamente y de manera sencilla qué es la contaminación del aire, es importante tener primero una visión de la atmósfera en la precontaminación, para lo cual definiremos:

En este sentido el presente proyecto "ANALISIS DEL GRADO DE CONTAMINACION DEL AIRE EN LA CIUDAD DE TARIJA", realiza un monitoreo de la calidad del aire en diferentes puntos e industrias de la Ciudad, estos parámetros son: CO₂, H₂S, CO, O₂, SO₂ PM_{2,5}

En Bolivia, El análisis del grado de contaminación del aire es ejecutado con el apoyo de la Red de Monitoreo de la Calidad del Aire (Red Mónica) en La Paz, El Alto, Cochabamba y Santa Cruz muestra un crecimiento sostenido de la contaminación en las ciudades del eje central debido principalmente al incremento del parque automotor, siendo uno de los parámetros más críticos el material particulado ultrafino (PM₁₀), seguido de ozono (O₃) y óxidos de nitrógeno.

El programa Nacional de Redes de Monitoreo de Calidad del Aire (Red MoniCA) comienza a inicios del 2012 una escalada del Proyecto Aire Limpio fuera de las ciudades del eje troncal, siendo uno de los componentes el Monitoreo de la Calidad del Aire, el cual tiene como propósito específico diseñar e implementar un sistema de monitoreo de calidad del aire en los municipios capitales de los departamentos de Sucre, Tarija, Oruro, Potosí, Trinidad y Cobija.

A la par de dicho programa (Red MoniCA), en la ciudad de Tarija, nace en el año 2009 como un proyecto financiado por el IDH y por medio de la Universidad Juan Misael Saracho la propuesta del proyecto "ANALISIS DEL GRADO DE CONTAMINACION DEL AIRE EN LA CIUDAD DE TARIJA" la propuesta para realizar el monitoreo de la calidad del aire, la que se pudo concretar hasta diciembre del año 2012.

MATERIALES Y METODOS

Cuando se discuten las fuentes de contaminación del aire, comúnmente se usan cuatro términos: móvil, estacionaria, puntual y del área. Las fuentes móviles incluyen diversas formas de transporte tales como automóviles, camiones y aviones. Las fuentes estacionarias son las instalaciones no móviles, tales como plantas de energía y establecimientos industriales. Una fuente puntual se refiere a una fuente en un punto fijo, tal como una chimenea o tanque de almacenamiento que emite contaminantes. Una fuente del área se refiere a una serie de fuentes pequeñas que en conjunto pueden afectar la calidad del aire en una región, en forma general, las fuentes de contaminación atmosférica se clasifican en fijas y móviles

Fuentes Móviles de Contaminación del Aire

Las fuentes móviles de contaminación del aire son conocidas por todos e incluyen a los automóviles, autobuses, locomotoras, camiones y aviones. Estas fuentes emiten contaminantes criterio y otros contaminantes peligrosos.

Las emisiones de los automóviles también contienen plomo y cantidades traza de algunos contaminantes peligrosos. Los

requisitos para el control de emisiones de automóviles han reducido considerablemente la cantidad de contaminantes del aire.

Figura 1. Fuentes Móviles de Contaminación del Aire



Fuente: AGRACONAT

Además, los reglamentos que controlan la calidad del combustible de los automóviles también han contribuido a una mayor eficiencia y menores emisiones.

Por ejemplo, la transición de la gasolina con plomo a la gasolina sin plomo ha reducido extraordinariamente la cantidad de plomo en el aire ambiental.

Sin embargo, debido al creciente número de vehículos, los automóviles siguen siendo la principal fuente móvil de contaminación del aire.

Los adelantos en la tecnología del control de la contaminación, los combustibles alternativos y los cambios en el estilo de vida, tales el cambio de automóviles a GNV pueden minimizar los efectos perjudiciales de la contaminación en una sociedad industrializada.

Fuentes Estacionarias

Los contaminantes de fuentes estacionarias provienen principalmente de dos actividades: la combustión de carbón y petróleo en plantas de generación de energía y la pérdida de contaminantes en procesos industriales. Los procesos industriales incluyen refinerías, industrias químicas y fundiciones. Las industrias químicas son responsables de muchos contaminantes peligrosos y también de grandes cantidades de compuestos orgánicos volátiles.

Figura 2. Fuentes Estacionarias de Contaminación del Aire



Fuente: AGRACONAT

Diseño del Monitoreo

El diseño y planificación del monitoreo dependen de los objetivos que se desean alcanzar, la disponibilidad de recursos (económicos, humanos y tiempo), los contaminantes que se van a monitorear, la estrategia de monitoreo y el equipamiento necesario, tipo de información requerida (periodo de monitoreo), calidad de la información (exactitud, precisión, representatividad y comparabilidad) y del usuario para el que se genera la información.

Escalas del Monitoreo

La escala del monitoreo de la calidad del aire debe ser compatible con el objetivo del monitoreo en un lugar, a una escala espacial apropiada y representativa, para así facilitar la localización física de las estaciones de monitoreo. La escala de representatividad espacial relativa a cada contaminante se define para establecer la relación entre los objetivos de monitoreo y localización física de la estación de monitoreo.

De acuerdo a la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (USEPA) se aplican seis escalas de representatividad espacial para ubicar los sistemas de monitoreo.

Tabla 1. Definición de Escalas Para la Realización de Monitoreos Ambientales

Categoría de Escala	Definición
Micro escala	Define las concentraciones en volúmenes de aire asociados con dimensiones de área de algunos metros hasta 100 metros.
Escala Media	Define concentraciones típicas de áreas que pueden comprender dimensiones desde 100 metros hasta 0.5 kilómetros.
Escala Local	Define concentraciones en un área con uso de suelo relativamente uniforme, cuyas dimensiones abarcan de 0.5 a 4.0 kilómetros.
Escala Urbana	Define todas las condiciones de una ciudad con dimensiones en un rango de 4 a 50 kilómetros.
Escala Regional	Define generalmente un área rural de geografía razonablemente homogénea y se extiende desde decenas hasta cientos de kilómetros.
Escala Nacional o Global	Las mediciones que corresponden a esta escala representan concentraciones características de la nación o del mundo como un todo.

El cuadro siguiente muestra la relación entre los objetivos del monitoreo y las escalas de representatividad más adecuadas para el cumplimiento de dichos objetivos.

Tabla 2. Relación Entre Objetivos de Monitoreo y Escalas Espaciales de Representatividad

Objetivos de monitoreo	Escalas espaciales apropiadas
Medición de altas concentraciones	Micro Media Local Urbana (en ocasiones)
Efectos en la población	Local Urbana
Impacto de fuentes	Micro Media Local
General / De fondo / De base	Local Regional

Fuente: EPA

Selección de Parámetros a Monitorear

Los contaminantes atmosféricos son producidos por fuentes fijas y móviles, los cuales pueden generar problemas a lo largo de su desplazamiento y generar contaminantes secundarios (lluvia ácida u ozono).

Tabla 3. Parámetros a Monitorear

Grupo	Parámetro
Material particulado	Material particulado respirable de diámetro menor a 10 µm (PM-10)
	Material particulado respirable de diámetro menor a 2.5 µm (PM-2.5)
Gases	- Dióxido de azufre - Monóxido de carbono - Dióxido de nitrógeno - Sulfuro de hidrógeno

La naturaleza de las fuentes presentes en el área proporcionan una buena indicación de cuáles contaminantes se debe monitorear.

Tabla 4. Estrategia de Monitoreo en Función de la Magnitud del Objetivo

	MAGNITUD	
	I	II
OBJETIVOS	Orientación	Muestreos de rutina
	Estudio de caso	Redes de Monitoreo
	Incidentes	Congruencia con normas
ESCALA		
Especial	Micro	Regional
	Local	Nacional
	Regional	Continental
Temporal	Limitada (semana, mes)	Mayor a un año
TAMAÑO	Limitada (1-10 unidades)	Mayor a 10 unidades
	Campañas de muestreos	Muestreos estacionales
	Estaciones Móviles	Estaciones Fijas
TECNICAS/EQUIPO	Muestreadores Pasivos	Muestreadores Pasivos
	Muestreadores Activos	Muestreadores Activos
	Sensores Remotos	Monitores Automáticos
	Biomonitorios	

Fuente: Van del Maulen A. Sampler Methodologies in air quality monitoring: Availability applications and QA/QC Implications

Principales Contaminantes y sus Efectos en la Salud Humana

Entre aquellos contaminantes más problemáticos para nuestra salud destacan las partículas en suspensión (PM10 y PM2.5), el dióxido de nitrógeno (NO2), el ozono troposférico (O3), el dióxido de azufre (SO2) y el monóxido de carbono (CO).

Material Particulado PM

Material Particulado o Partículas en suspensión (PM10 y PM2,5)
El término "partículas en suspensión" abarca un amplio espectro de sustancias orgánicas o inorgánicas, dispersas en el aire, procedentes de fuentes naturales y artificiales.

Valores fijados en las Directrices de la OMS

PM_{10} $10 \mu g/m^3$ media anual $25 \mu g/m^3$ media anual en 24h	$PM_{2,5}$ $20 \mu g/m^3$ media anual $50 \mu g/m^3$ media en 24h
--	---

Dióxido de nitrógeno, NO_2

El NO_2 presente en el aire de las ciudades proviene en su mayor parte de la oxidación del monóxido de nitrógeno, NO , cuya fuente principal son las emisiones provocadas por los automóviles, sobre todo los diesel. El NO_2 constituye un buen indicador de la contaminación debida al tráfico vehicular.

Valores fijados en las Directrices de la OMS

NO_2
 $40 \mu g/m^3$ de media anual
 $200 \mu g/m^3$ de media en 1h

Dióxido de azufre (SO_2)

El SO_2 es un gas incoloro con un olor penetrante que se genera con la combustión de fósiles (carbón y petróleo) y la fundición de menas que contienen azufre. La principal fuente antropogénica del SO_2 es la combustión de fósiles que contienen azufre usados para la calefacción doméstica, la generación de electricidad y los vehículos a motor.

Valores fijados en las Directrices de la OMS

SO_2
 $20 \mu g/m^3$ de media en 24h
 $500 \mu g/m^3$ de media en 10 min

Monóxido de Carbono (CO).

El monóxido de carbono (CO) es un gas que no se puede ver ni oler, pero que puede causar la muerte cuando se inhala en niveles elevados

La OMS recomienda como límite para preservar la salud pública una concentración de 9 ppm (ó 10000 $\mu g/m^3$) promedio de 8 horas 1 vez al año. Una vez respirada una cantidad bastante grande de monóxido de carbono (teniendo un 75% de la hemoglobina con monóxido de carbono) la única forma de sobrevivir es respirando oxígeno puro.

Sulfuro de hidrógeno H_2S

El sulfuro de hidrogeno (H_2S), es un gas que se halla en diferentes formaciones geológicas. También se forma por la descomposición natural de la materia orgánica en ausencia de oxígeno.

Se encuentra en una variedad de procesos industriales, incluyendo el tratamiento de aguas cloacales, la producción y refinación de petróleo, pulpa y papel, metales compuestos de azufre y agua pesada.

Puede afectar el sentido del olfato y, en altas concentraciones causar la muerte.

Equipos Utilizados en el Proyecto:

Micro Gas Alert (IR_5)

Es un detector de gas de puntos de trabajo en espacios confinados el Micro₅ es un equipo versátil y potente para la detección de oxígeno, sulfuro de hidrógeno, monóxido de carbono, dióxido de carbono y los niveles más bajos explosivos de partículas combustibles. Todos los parámetros que mide están en partes por millón

TESTO 340

El testo 340 es un analizador de gases portátil para monitoreo de emisiones industriales que ofrece beneficios tales como:

La característica única de extensión de rango de medición facilita la medición incluso ante altas concentraciones de gases.

El testo 340 viene equipado de serie con celda de O_2 . Pueden agregarse hasta 3 celdas de gases adicionales en cualquier momento para adaptarse óptimamente a sus requerimientos.

EPAM 5000

Monitor portátil basado en un microprocesador, usa el principio de dispersión de luz para medición de concentración de particulado y provee, en tiempo real, las determinaciones en mg/m^3 . de partículas en suspensión. Lleva cartuchos intercambiables para medir PM_{10} , $PM_{2,5}$ ó PM_{10} .

Mini-Anemómetro AMPROBE TMA-5

Toma medidas de velocidad de aire, temperatura, humedad, punto de rocío, bulbo húmedo, el viento frío y temperatura ambiente.

Metodología de Muestreo Aplicada en el Proyecto

Lo primero en el diseño y la implementación de cualquier sistema de monitoreo es definir todos los objetivos que se

pretenden y derivar de estos los requerimientos de datos que se necesitan para llevarlos a cabo. Entre los objetivos más usuales encontramos los siguientes:

- Monitorear las zonas de mayor riesgo de contaminación en la ciudad de Tarija en horas pico (Ciudad e industrias).
- Comparar la congruencia con las normas y los criterios legales de acuerdo a la emisión de gases con los datos obtenidos del monitoreo (Ciudad e industrias).
- Informar al público acerca de la calidad del aire.
- Proporcionar información de fuentes y riesgos de contaminación.

El muestreo se realiza por contaminación causada por fuentes fijas y móviles en la ciudad e industrias, de acuerdo a la tabla 4, nuestros objetivos se resumen en cuanto a su magnitud a la categoría I (orientación) y a la categoría II (Muestreo de rutina y congruencia con normas).

En cuanto a la escala, el proyecto se clasifica en la escala especial y temporal, la primera delimita nuestra área de muestreo que corresponde a toda la ciudad de Tarija e industrias y la segunda que corresponde a los meses de octubre, noviembre y diciembre del año 2012.

En cuanto al tamaño del monitoreo, el proyecto cae en la categoría I, correspondiendo a la de estaciones móviles, y por ultimo en lo que se refiere a técnicas y equipos el proyecto utiliza los muestreadores activos, este tipo de equipos requieren energía eléctrica para bombear el aire a muestrear a través de un medio de colección físico.

El volumen adicional de aire muestreado incrementa la sensibilidad, por lo que pueden obtenerse mediciones inmediatas de la composición del gas o muestra de aire analizado, en nuestro caso como ya se mencionó, utilizamos los equipos descritos en el punto de (equipos utilizados en el proyecto), los cuales detectan compuestos de CO, CO₂, SO₂, H₂S, O₂, LEL y PM, HR, WCL, DP, WBT y EXT. La finalidad de los muestreos relacionados con fuentes emisoras es determinar la contaminación causada por las fuentes fijas (Industrias, Mercados) y móviles (campo vehicular).

Definición de Parámetros Ambientales Necesarios para Cumplir con los Objetivos

De acuerdo a los equipos adquiridos por el proyecto, los parámetros a medir en la atmosfera son: CO, CO₂, SO₂, H₂S, O₂, LEL y PM, y los parámetros meteorológicos y topográficos como ser HR, WCL, DP, WBT y EXT, y la ubicación geográfica, pues tienen una gran injerencia en la toma de las muestras, influyen directamente en la dispersión de los contaminantes atmosféricos.

Definición del Número y los Sitios de Muestreo

Los sitios de muestreo se definieron en base a la observación

y consultas con profesionales y vecinos de las zonas aledañas, identificándose de esta manera 29 puntos móviles, 6 fuentes fijas y 18 industrias, de las cuales solo nos abrieron sus puertas 4.

Localización de los sitios de muestreo

La ubicación de los sitios de medición de contaminantes atmosféricos son dentro de la ciudad, en este caso no se recurre a ningún otro método debido a que se tiene el mapa completo de la ciudad y la ubicación de las respectivas industrias.

Tabla 5. Sitios de Monitoreo en la Ciudad de Tarija

Quilombos de la Universidad
Comedor Universitario
Calle Bolívar y La Paz
Calle La Paz y Bolívar
Mercado Bolívar y calle Oruro
Calle Bolívar y España
Calle Bolívar y Membrillos
Rolonda puente IV centenario
Rolonda puente Bolívar
Rolonda Zona El Tejar (Universidad)
Puente San Martín (Plazuela)
Puente San Martín frente a la U.E. Carmen Mesita
Puente San Martín frente a Toyota Tarija
Rolonda del Aeropuerto Av. Circunvalación y Av. Jaime Paz Zamora
Rolonda de Juan XXIII, cruce a San Jerónimo
Mercado Abasco del Sur
Industria de gases EMBOL
Puente Pasarela Zona del mercado campesino
Calle Comercio y Av. Fructín Tejerina entrada mercado campesino
Calle Comercio y Av. Panamericana (zona de venta de carbón)
Av. Circunvalación y Calle República (Barrio San Bernardo)
Avenida Circunvalación y Av. Garmesta
Av. La Paz y Av. Circunvalación
Terminal de Buses
Calle Daniel Campos y Bolívar
Calle Colon y Av. Circunvalación
Fructín Tejerina y Av. Circunvalación
Calle Fructín Tejerina y Daniel Zamora
Avenida 6 de agosto e Independencia
Calle Domingo Paz y Gral. Triqui
Calle Domingo Paz y Sacre
Calle Mejillones y 4 de Julio
Calle Cochabamba y Venezuela
Calle Cochabamba y Cresaux en plena subida de la Loma
Cervecería Boliviana Nacional
Bodega de Vinos Acamquez
Carpintería Castañon
Lagunas de Calabán (San Luis)
Mercado Central

Fuente: AGRACONAT

Tipo de Emisiones y Fuentes de Emisión

El tipo de emisiones de las fuentes fijas, está dada generalmente por la combustión de de gas natural en las industrias, gas licuado y carbón vegetal en el caso de los mercados y centros de abasto, tomándose en cuenta en cada caso el material particulado

Factores Topográficos y Meteorológicos:

Con la ayuda de un GPS, se determinó la ubicación de cada punto de muestreo, y las condiciones meteorológicas con un anemómetro móvil digital, los muestreos generalmente fueron realizados en las mañanas, pues las corrientes de aire que se suscitan en las tardes, hace que la contaminación se disperse muy rápidamente.

Información de la Calidad del Aire:

El informe del monitoreo atmosférico está plasmado en el presente trabajo, el cual fue llevado de acuerdo a un cronograma presentado en el anteproyecto, el que fue

trazado de acuerdo a las consultas respectivas de las diferentes zonas de muestreo.

Determinación de Tiempos de Muestreo.

Los tiempos de muestreo están dados más que todo por la capacidad de los equipos, puesto que los equipos del proyecto no pueden estar más de dos horas en operación continua, por lo que el tiempo de muestreo establecido en el proyecto es de 10 a 20 minutos en cada punto, tomándose luego un promedio de las mediciones realizadas. Con todos los datos obtenidos, se realiza la interpretación de los parámetros obtenidos más la generación de gráficos de todos los casos para su posterior discusión.

RESULTADOS

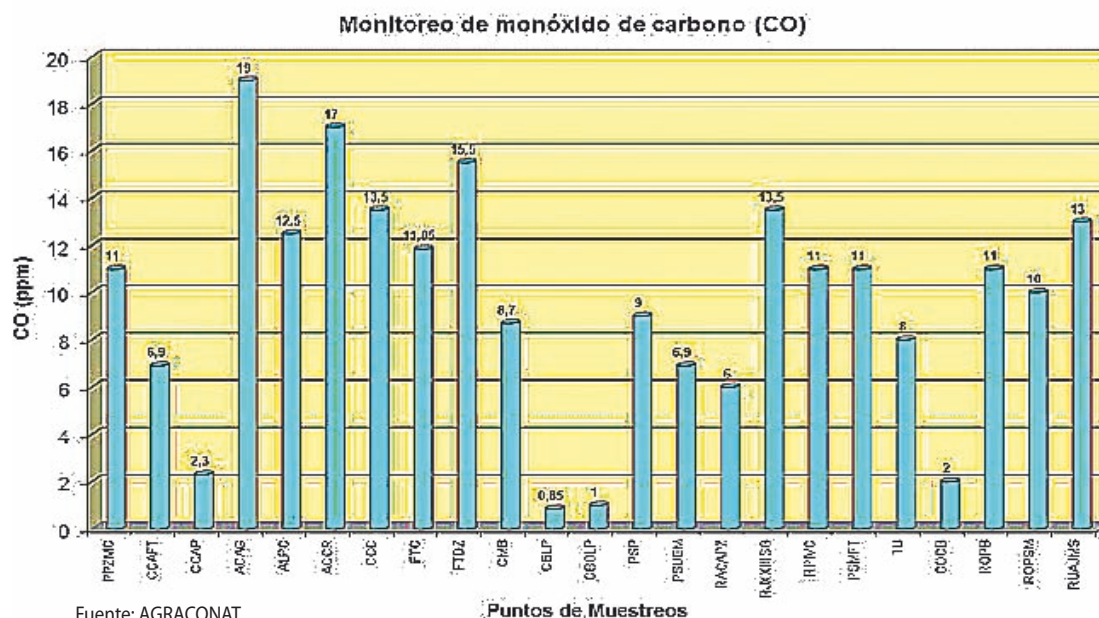
Se presenta los resultados promedio de cada punto de muestreo.

Tabla 6. Parámetros registrados en la ciudad de Tarija, correspondiente a contaminación.

Zona de Muestreo	PARAMETRO MEDIDO									
	CO (ppm)	PM 2.5 max (µg/m ³)	PM 2.5 min (µg/m ³)	Vel (m/s)	T° A (°C)	HR (%)	WCI (°C)	DP (°C)	WBT (°C)	EXT (°C)
FPZMC	11,00	0,108	0,002	1,30	23,55	32,15	28,00	6,55	14,15	21,75
CCFT	8,80	0,073	0,002	0,70	27,20	28,80	30,10	6,70	15,00	24,30
CCAP	2,30	0,040	0,002	2,30	26,80	28,00	28,85	7,10	15,40	23,25
ACAG	19,00	0,180	0,003	1,85	31,15	28,50	34,40	23,30	12,35	30,30
ALPC	12,50	0,287	0,002	1,55	38,30	35,50	40,05	2,35	14,85	38,45
ACGR	17,00	0,204	0,002	2,20	37,05	1,45	37,80	5,80	14,15	35,15
CCC	13,50	0,128	0,002	0,80	28,80	27,25	31,05	8,00	18,35	27,10
FTC	11,85	0,008	0,020	0,30	34,25	21,10	38,55	7,80	17,80	30,80
FTDZ	15,50	0,180	0,002	3,55	34,15	18,30	38,75	4,25	18,40	31,75
CMB	8,70	0,037	0,020	1,85	32,00	22,80	33,35	8,40	17,45	28,45
CBLP	0,85	0,075	0,004	2,30	35,80	8,80	35,70	1,70	15,80	35,85
CBCLP	1,00	0,200	0,002	0,70	33,15	12,05	33,85	0,05	15,75	31,40
PSP	9,00	0,208	0,002	1,10	28,80	34,85	31,80	12,35	18,80	24,05
PSUEM	8,80	1,330	0,002	1,70	32,20	28,55	34,80	10,80	18,80	30,30
RACAPZ	8,00	0,104	0,008	1,80	19,85	41,85	25,80	6,50	12,80	18,80
RJCOHSG	13,50	0,087	0,002	0,00	19,70	44,85	25,45	7,40	12,75	18,75
RPTVC	11,00	0,048	0,002	2,90	27,20	48,50	28,85	15,55	18,80	28,05
PSMFT	11,00	0,088	0,002	1,85	33,55	25,80	38,35	11,35	18,40	27,30
TB	8,00	0,248	0,004	0,80	28,25	23,85	30,85	5,80	15,55	24,15
CDCB	2,00	0,072	0,002	2,80	34,00	17,30	35,25	6,20	17,85	28,85
RCPB	11,00	0,050	0,002	1,10	30,20	38,00	32,45	15,00	20,15	28,30
RCPSM	10,00	0,208	0,002	0,95	28,80	34,85	31,80	12,35	18,80	28,05
RUAJMS	13,00	0,085	0,002	2,80	32,35	33,80	34,00	15,40	21,20	30,80

Fuente: AGRACONAT

Figura 1. Porcentajes de CO en los diferentes puntos de Muestreo en la ciudad de Tarija

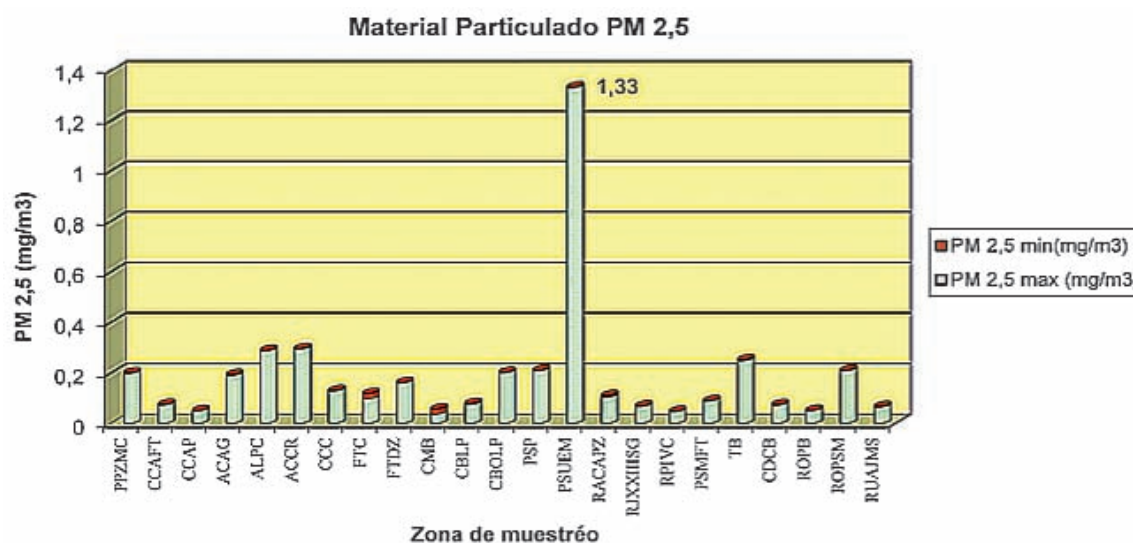


Donde: (PPZMC: Puente pasarela Zona del mercado Campesino), (CCAFT: Calle Comercio y Avenida Froilan Tejerina), (CCAP: Calle Comercio y Avenida Panamericana), (ACAG: Avenida Circunvalación y avenida Gamoneda), (ALPC: Avenida La Paz y Circunvalación), (ACCR: Avenida Circunvalación y Calle República), (CCC: Calle Colon y Circunvalación), (FTC: Froilan Tejerina y Circunvalación), (FTDZ: Froilan Tejerina y Daniel Zamora), (CMB: Calle Méndez y Bolívar), (CBLP: Calle Belgrano y La Paz), (CBOLP: Calle Bolívar y La Paz), (PSP: Puente San Martín, Plazuela), (PSUEM: Puente San Martín Unidad Educativa Mealla), (PSMFT: Puente San Martín Frente a Toyota), (TB: Terminal de Buses), (ROPB: Rotonda Puente Bolívar), (RUAMS: Rotonda Univ. Juan Misael Saracho).

De acuerdo a las normas Bolivianas 62002, 62003 y 62004, la cantidad de CO emitido por fuentes móviles, como lo muestra la figura 1, la zona que mayor cantidad de CO registra es la zona de la circunvalación y la avenida Froilan Tejerina, que nos da un valor de 19 ppm, en la que esta

concentración provoca ligeros mareos, y de acuerdo a los datos de OMS, este valor no debe de ser mayor a 9 ppm en un periodo de 8 horas y una sola vez al año para evitar daños en la salud humana.

Figura 2. Material particulado en los diferentes puntos de muestreo en la ciudad de Tarija



En la figura 2, se muestra en las diferentes zonas de muestreo la cantidad de material particulado MP2,5, en la que se ve claramente que la zona correspondiente al puente San Martín y la unidad educativa Mealla, tiene un valor de 1,33 mg/m³, (1300 µg/m³) el cual excede a los valores fijados por la OMS que son de 24 µg/m³ como media mensual, cabe

recaltar que el monitoreo se realizó en el mes de noviembre luego de las primeras lluvias, lo que en parte contribuyó a que los resultados de MP2,5 fueran relativamente más bajos en comparación a los meses cuando la humedad relativa del medio ambiente es mucho más baja.

Tabla 7. Crecimiento vehicular en la ciudad de Tarija

Año	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
2008	7084	4318	4038	32	1515	838	512	2348	288	8	3	157	8884
2009	8187	4812	4087	34	1581	881	588	3053	319	12	4	210	9879
2010	8824	4747	5318	38	1634	1014	615	3880	334	22	5	280	11011
2011	9423	5035	5788	48	1741	1015	680	5001	334	33	4	288	12582
2012	9888	5280	6222	58	1802	1038	725	6083	335	40	4	333	13384

Fuente: AGRACONAT

1. Automóvil, 2.Camión, 3. Camioneta, 4. Furgoneta, 5. Jeep, 6. Micros, 7. Minibus, 8. Motocicletas, 9.Omnibus, 10. Quadratrak, 11.Torpedo, 12.Tracto Camión, 13.Vagoneta

En la tabla 7, que corresponde al crecimiento vehicular, se observa un crecimiento en mayor grado de la vagonetas, motocicletas y automóviles y vehículos en general, lo que justifica realizar un monitoreo del grado de contaminación del aire en Tarija, puesto que todos estos vehículos emiten gases contaminantes a la atmósfera, de acuerdo a los datos

de tabla 7, se incrementaron los vehículos desde el 2008 de 31101 vehículos hasta el 2012 a 45827 vehículos, realizando una proyección hasta el año 2020, para ese entonces la cantidad de vehículos en la ciudad será de 75226, equivalente a un crecimiento del 60%.

Tabla 8. Material particulado por sectores e Industrias en la ciudad de Tarija

Zona de Muestreo	MP2,5 (avg) µg/m ³	MP2,5 (mín) µg/m ³
Promedio ciudad	0,179	0,004
Comedores y Mercados	0,121	0,002
Laguna de oxidación	0,002	0,002
CBN	0,133	0,003
Vinos Aranjuez	0,054	0,012
Coca Cola	0,054	0,012
Carpintería Castañon	4,858	0,820

Fuente: AGRACONAT

Tabla 9. Parámetros registrados en la ciudad de Tarija, correspondiente a contaminación en Comedores y Mercados

Zona de Muestreo	PARAMETRO MEDIDO										
	CO (ppm)	PM 2,5 max (µg/m ³)	PM 2,5 min (µg/m ³)	Vel (m/s)	T° A (°C)	HR (%)	WC L (°C)	DP (°C)	WB T (°C)	EXT (°C)	SO ₂ (ppm)
Mercado Bolívar	0	0,032	0,002	0,2	34,2	18,7	34,4	7,3	18	30,5	0,00
Comedor UAJMS	31	0,188	0,002	0	35,1	37,8	34,8	18,3	23,3	28,8	1,00
Kioscos UAJMS	24	0,115	0,002	0	27,3	32,3	30,8	8,3	18,4	28,5	0,00
Mercado Central	18	2,138	0,002	0	27	54,4	30,2	17,4	20,8	25,8	0,00

Fuente: AGRACONAT

De la tabla 9, se observa que la mayor cantidad por contaminación de monóxido de carbono se lo tiene en la cocina del comedor Universitario, en segundo lugar se encuentra el interior de los kioscos de la Universidad y en tercer lugar la sala de desayunos del mercado central, puesto que sus valores sobrepasan el valor mínimo permisible

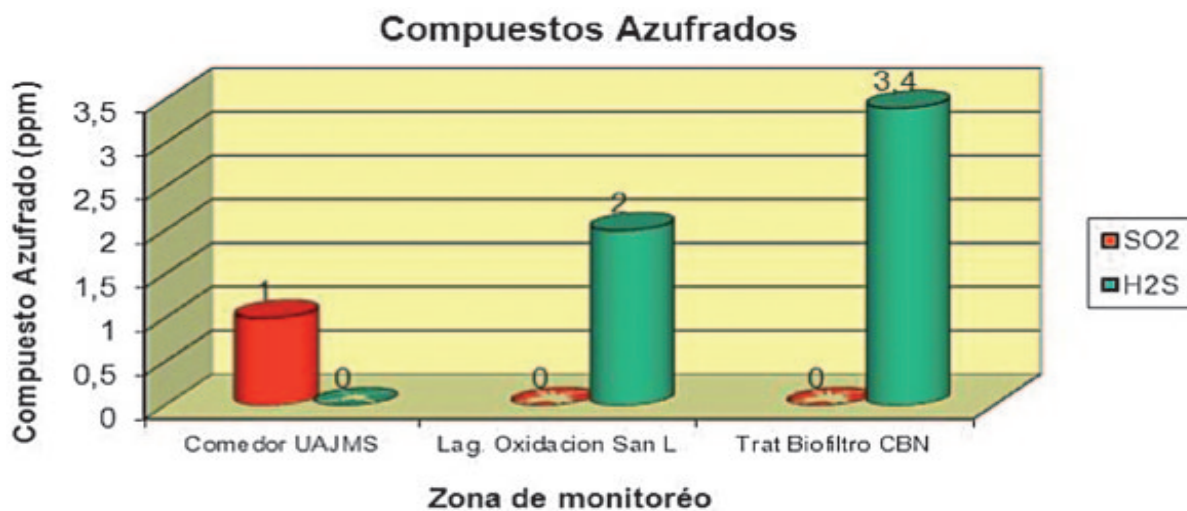
recomendado por la OMS que es de 9 ppm. lo que constituye ya un peligro para las personas que tienen como fuente de trabajo las citadas zonas, en la figura 3, se muestra en forma más clara los valores de contaminación frente al valor recomendado por la OMS (Organización Mundial de la Salud).

Tabla 10. Parámetros registrados en la ciudad de Tarija, en Lagunas de oxidación de Cossalt

Zona de Muestreo	PARAMETRO MEDIDO										
	CO (ppm)	PM 2.5 max (µg/m³)	PM 2.5 min (µg/m³)	Vel (m/s)	T° A (°C)	HR (%)	WCL (°C)	DP (°C)	WBT (°C)	EXT (°C)	H ₂ S (ppm)
Laguna de oxidación	0,00	0,002	0,002	1,50	35,90	27,0	37,50	17,00	24,10	32,5	2,0

Fuente: AGRACONAT

Figura 3. Parámetros registrados por contaminación de compuestos azufrados



Fuente: AGRACONAT

Tabla 11. Parámetros registrados, correspondiente a contaminación en CBN

Zona de Muestreo	PARAMETRO MEDIDO										
	CO (ppm)	PM 2.5 max (µg/m³)	PM 2.5 min (µg/m³)	Vel (m/s)	T° A (°C)	HR (%)	WCL (°C)	DP (°C)	WBT (°C)	EXT (°C)	H ₂ S (ppm)
Calderas	8,00	0,284	0,006	0,00	31,80	28,30	33,00	8,80	18,30	28,70	0,00
Sala recuperación	13,00	0,036	0,002	0,00	27,80	29,30	30,40	8,40	18,20	22,10	0,00
Área cocimiento	0,00	0,080	0,002	0,00	31,40	33,10	32,80	13,10	18,50	28,70	0,00
Área Tratamiento aguas	1,00	0,040	0,002	0,80	28,00	54,40	30,10	18,00	21,00	27,50	3,40

Fuente: AGRACONAT

Figura 4. Material particulado en CBN PM 2,5

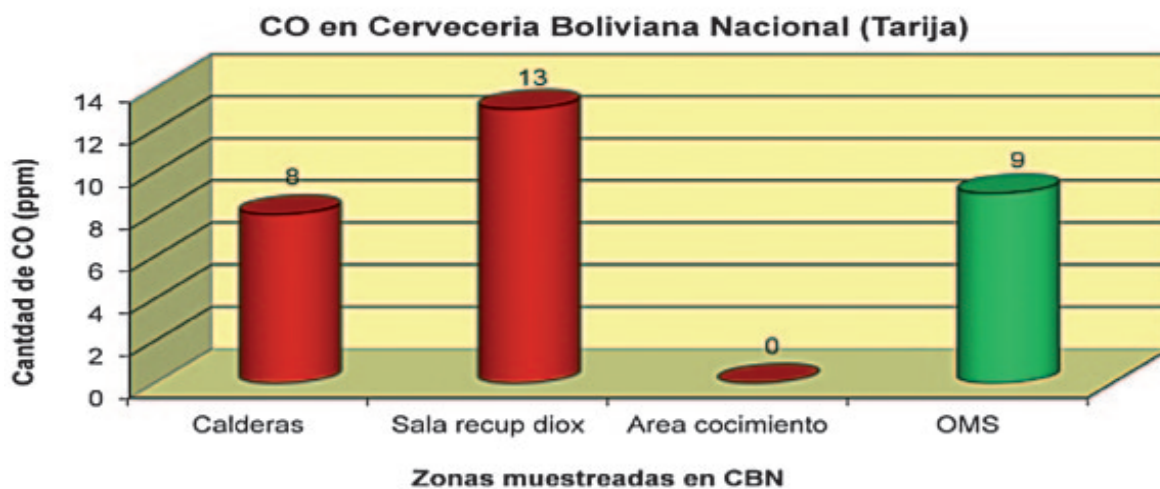


Fuente: AGRACONAT

En la figura 4, se muestra la contaminación por compuestos azufrados en la ciudad de Tarija, de lo cual como se menciono, los niveles de sulfuro de hidrógeno emitidos por las lagunas de Oxidación y el biofiltros de CBN, están dentro de los límites tolerables por el cuerpo humano, mientras que la cantidad de dióxido de azufre tiene una concentración que pasa los 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, que es el valor establecido por la OMS,

en nuestro caso concreto, en el comedor universitario, en la hora pico en la preparación de los alimentos, es cuando se registra la cantidad de SO_2 de 1 ppm, correspondiente a 2618 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, este valor es detectado en el segundo piso en la parte donde se concentran los gases que se desprenden de la combustión y cosido de los alimentos.

Figura 5. Contaminación por CO



Fuente: AGRACONAT

En la figura 5, donde se muestra la contaminación por industrias, en el que se refleja el grado de contaminación por material particulado $\text{MP}_{2,5}$ en la carpintería Castañón, llegándose a ver que la contaminación por material particulado esta fuera de los márgenes recomendados

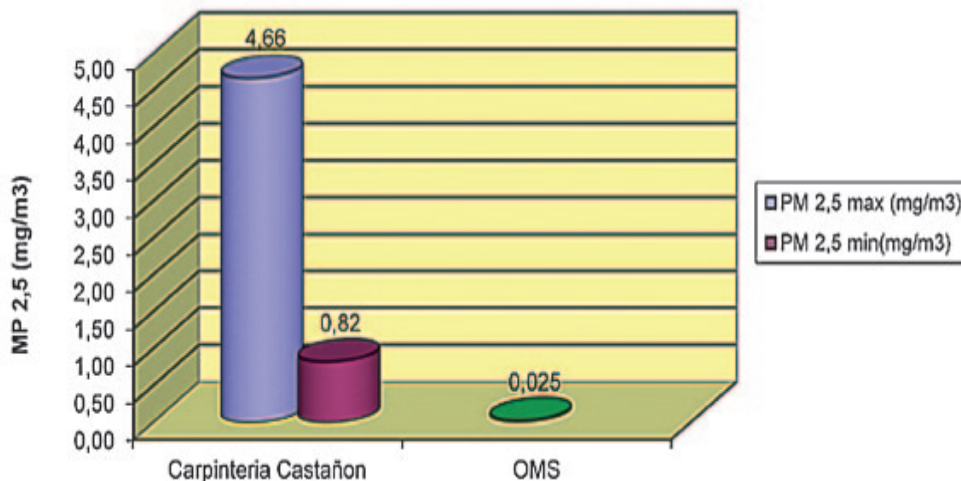
por la OMS, que recomienda como mínimo 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, en la carpintería se tiene un valor de 4656 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, que es un valor realmente muy elevado, tomándose en cuenta que los datos de monitoreo se realizaron a 8 metros de distancia de la fuente de emisión.

Tabla 12. Parámetros registrados correspondiente a contaminación en Carpintería Castañon

Zona de Muestreo	PARAMETRO MEDIDO									
	CO (ppm)	PM 2,5 max (mg/m ³)	PM 2,5 min (mg/m ³)	Vel. (m/s)	T° A (°C)	HR (%)	WCL (°C)	DP (°C)	WBT (°C)	EXT (°C)
Carpintería Castañon	0,00	4,66	0,82	0,00	29,20	40,00	31,20	18,80	21,00	20,00

Fuente: AGRACONAT

Figura 6. Material Particulado MP 2,5 en Carpintería Castañon



Dentro de los datos evaluados en la carpintería Castañon (figura 6), se ve observa que el único dato que se encuentra fuera de los límites, tanto el límite superior como el límite inferior que registra el equipo analizador de partículas, es el material particulado MP2,5, el que debe de ser tomado en cuenta y poder bajar este valor, y de esta manera dar mayor protección al personal que trabaja en esta industria

DISCUSION

El trabajo realizado de medir el grado de contaminación del Aire de la ciudad de Tarija, ha tocado temas importantes que hasta la fecha no habían sido desarrollados dentro de nuestro departamento por ninguna institución privada o dependiente del estado, es verdad que ciertas industrias de la ciudad de Tarija han desarrollado el tema tomando en cuenta los requisitos a los cuales son sometidos por la ley N° 1333 del Medio Ambiente pero el mismo es tomado más como un cumplimiento de la Ley que como un compromiso con el Medio Ambiente.

Dentro de nuestro ciudad existe sectores como ser el caso de los automotores, comedores, ferias, cerámicas artesanales, chaqueos u otros que no están siendo reglamentados bajo esta ley, ejemplos de esto son vehículos de la década del

sesenta ofrecen el servicio público emitiendo volúmenes importantes de contaminación de nuestra ciudad.

Las características de los suelos de Tarija altamente arcillosos producen PM que afectan al sistema respiratorio de la población además de ser uno de los causantes de problemas de conjuntivitis, que junto a los gases de combustión constituyen un problema social de la población en general.

- Del monitoreo realizado y del análisis de los datos, las industrias en la ciudad, de las pocas que nos abrieron sus puertas, podemos concluir que las visitadas no contribuyen en gran a la contaminación de la ciudad, debido a que están ubicadas en áreas dispersas, la presencia del contaminante es en el interior de la industria, situación que se puede mejorar con acciones concretas de sistemas de ventilación y aire acondicionado, en el caso de las industria maderera con extractores y filtros.
- De acuerdos a los datos de monitoreo realizados en los sitios respectivos, se puede evidenciar claramente que la contaminación en nuestra Ciudad es baja, con excepción de zonas como ser el casco viejo (mercado central) y calles que presentan pendientes y presentan un alto tráfico vehicular como ser la calle Cochabamba y

Crevaux, calle Ballivián entre Cochabamba y Fray Manuel Mingo y circunvalación.

- La época del año en que se realizaron los muestreos jugaron un papel determinante para determinar el efecto real de la contaminación en la ciudad, puesto que tocó un mes luego de las primeras lluvias, lo que disminuyó en gran parte la obtención de datos con mayor exactitud especialmente sólidos en suspensión en el medio ambiente.
- Visitando industrias como las carpinterías de madera, se ve claramente que la cantidad de sólidos en suspensión es bastante elevada, llegando en algunos casos a 800 µg/m³ a una distancia de 5 metros a las maquinarias en uso, factor que llega a ser bastante peligroso para la salud humana.
- En cuanto a los gases de sulfuro, se pudo evidenciar su presencia más que todo en el proceso de cocción de alimentos, llegando momentos que rebasan los límites permisibles mínimos los que deben estar por debajo de las 0,25 ppm de SO₂ seco, el registro más alto se obtuvo en el Comedor Universitario (1 ppm), así mismo el límite permisible de H₂S recomendado es de 5 ppm, valor que no fue rebasado en las lagunas de oxidación.
- En el caso de la contaminación de los centros de abasto y de consumo de alimentos humanos, se ve que la contaminación de CO es mayor en los recintos donde se sirven los alimentos presentándose casos en que se llegó a valores de 550 ppm de CO, siendo su límite permisible de 25 a 35 ppm en un transcurso de 8 horas.

BIBLIOGRAFIA

Organización Mundial de la Salud. 1997. The Air Management Information System (AMIS) and a Global Air Quality Partnership. Geneva: WHO.

Alonso, Claudio D.; Dos Santos, Carlos D.; Solsona, Felipe. Informe de país Brasil. Proyecto GEMS-Aire/OPS/OMS. São Paulo (CETESB) y Río de Janeiro (FEEMA).

Comisión Nacional del Medio Ambiente. 1997. Plan de prevención y descontaminación atmosférica para la Región Metropolitana. Santiago.

Ministerio de Salud y Acción Social. 1996. Situación del Control de la Calidad del Aire en la República Argentina. Proyecto GEMS-Aire/OPS/OMS. Buenos Aires.

OPS. 1998. Monitoreo de calidad del aire/Proyecto GEMS-Aire. OPS/OMS Memorandum interno. Buenos Aires.

OPS. 1996. Informe de País sobre las Actividades Realizadas en el Control de la Contaminación atmosférica, Colombia, Bogotá: OPS.

Ordóñez, Gonzalo A. 1996. Informe de País: Costa Rica. Plan GEMS – Aire Implementación del Aire Limpio (PIAL). San José: OPS.

España, Carlos; Orozco Juan G.; Velarde, José y otros. 1996. Situación del control de la calidad del aire en Bolivia. Proyecto GEMS-Aire/OPS/OMS. La Paz.

OPS. 1996. Contaminación del Aire en Guatemala. Ciudad del Guatemala: OPS.

Morales, Carlos. 1998. Información sobre Calidad del Aire. PAHO/WHO Interoffice Memorandum. Managua: OPS.

OPS. 1996. Informe de Situación en Contaminación Atmosférica – Uruguay 1996. Montevideo: OPS.

Gobierno Municipal de Cochabamba. Dirección Especial De Secretaria de Protección a la Madre Tierra Red de Monitoreo De La Calidad Del Aire Red Mónica

Catálogo De Normas Bolivianas (IBNORCA): NB 62002, NB 62003 Y NB 62004,